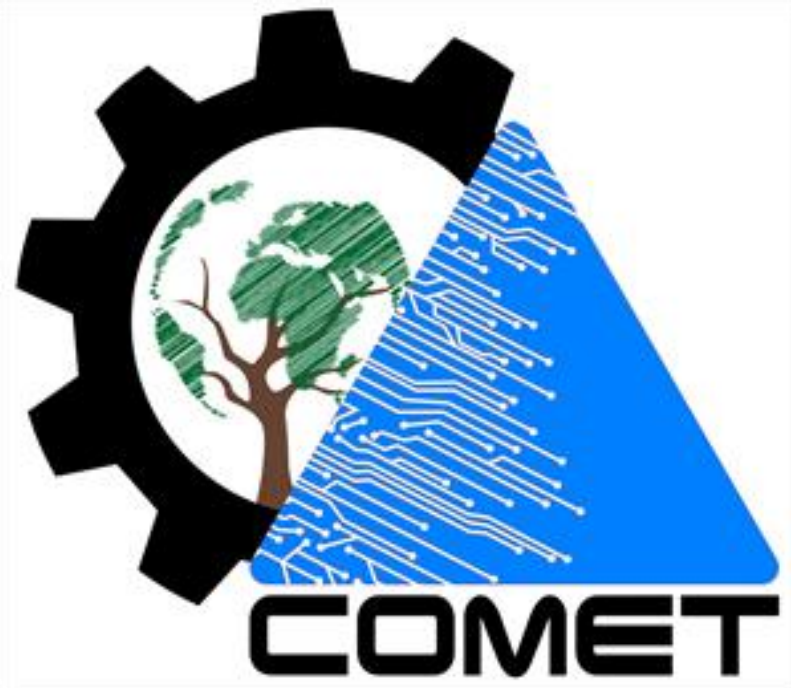


II CONGRESSO MINEIRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA

"A união das engenharias em prol do desenvolvimento do país"

ANAIS

Editores:

LUANA ELÍS DE RAMOS E PAULA

MIRLÉIA APARECIDA DE CARVALHO

GISELLE BORGES DE MOURA

Editores:

LUANA ELÍS DE RAMOS E PAULA

MIRLÉIA APARECIDA DE CARVALHO

GISELLE BORGES DE MOURA

ANAIS II COMET

II CONGRESSO MINEIRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA: a união das engenharias em prol do desenvolvimento do país

1ª Edição

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

LAVRAS MG
2017

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-69341-03-1

Ficha catalográfica elaborada pela Coordenadoria de Processos Técnicos da Biblioteca Universitária da UFLA

Congresso Mineiro de Engenharia e Tecnologia (2. : 2017 : Lavras, MG)

Anais [do] II COMET : II Congresso Mineiro de Engenharia e Tecnologia : a união das engenharias em prol do desenvolvimento do país / editores: Luana Elís de Ramos e Paula, Mirléia Aparecida de Carvalho, Giselle Borges de Moura. – 1. ed. – Lavras : UFLA, 2017.

325 p.

1. Engenharia. 2. Tecnologia. 3. Pesquisa. 4. Desenvolvimento. 5. Minas Gerais. I. Paula, Luana Elís de Ramos e. II. Carvalho, Mirléia Aparecida de. III. Moura, Giselle Borges de. IV. Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia. V. Título.

CDD – 620

PROMOÇÃO

Universidade Federal de Lavras (UFLA)

REALIZAÇÃO

Departamento de Engenharia (DEG)

APOIO

Universidade Federal de Lavras (UFLA)

Departamento de Engenharia (DEG)

Conselho Regional de Engenharia Química de Minas Gerais

3M Brasil

FPT Powertrain Technologies

PATROCÍNIO

Federação Nacional dos Engenheiros

Expresso Nepomuceno

Artpan Forno e Fogão

COMISSÃO ORGANIZADORA

Presidente

Giselle Borges de Moura

Vice-Presidente

Gabriel Araújo e Silva Ferraz

Comissão Científica

Luana Elís de Ramos e Paula

Mirléia Aparecida de Carvalho

Comissão de Captação de Recursos

Jaqueline de Oliveira Castro

Comissão de Cerimonial

Marina Elisei Serra

Patrícia Ferreira Ponciano Ferraz

Comissão de Prelecionistas

André Geraldo Cornélio Ribeiro

Comissão de Divulgação

Maurício Francisco Caliri Júnior

Revisores Científicos

André Geraldo Cornélio Ribeiro

Belisário Nina Huallpa

Bruno Groenner Barbosa

Danton Diego Ferreira

Ednilton Tavares de Andrade

Fátima Resende Luiz Fia

Flávia Barbosa Silva Botelho

Gabriel Araújo e Silva Ferraz

Giovanni Francisco Rabelo

Giselle Borges de Moura

Henrique Leandro Silveira

Jaqueline de Oliveira Castro

Joelma Rezende Durão Pereira

Lívia Elisabeth Vaconcellos de Siqueira Brandão Vaz

Luana Elís de Ramos e Paula

Luciana Barbosa de Abreu

Marali Vilela Dias

Mateus Pimentel de Matos

Mauricio Francisco Caliri Junior

Mirléia Aparecida de Carvalho

Priscila Abreu Pereira Ribeiro

Rafael Farinassi Mendes

Raphael Nogueira Rezende

Ronaldo Fia

Sílvia de Nazaré Monteiro Yanagi

Vanessa Rios de Souza

Vinicius Miranda Pacheco

Os autores de cada um dos trabalhos aqui contidos são responsáveis pela autenticidade, aspectos técnicos, forma de escrita e direitos autorais dos mesmos, sendo os membros responsáveis pela organização do II Congresso Mineiro de Engenharia e Tecnologia isentos de qualquer responsabilidade relacionada ao conteúdo deste livro.

A Comissão Organizadora

PALAVRAS DA PRESIDENTE DO II CONGRESSO MINEIRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA

Prezados Congressistas,

Neste ano foi realizado pelo Departamento de Engenharia da UFLA, o II Congresso Mineiro de Engenharia e Tecnologia, nos dias 04 a 08 de Dezembro de 2017. Este evento surgiu a partir da necessidade de um evento que agregasse e reunisse as engenharias com suas especificidades, unindo os alunos, profissionais e comunidade em geral.

A proposta do II Congresso Mineiro de Engenharia e Tecnologia para este ano abordou a necessidade de colocar em discussão assuntos relevantes do ponto de vista da contribuição fornecida pelas diversas áreas que cernem a Engenharia e o papel do Engenheiro para o desenvolvimento do Brasil.

Vislumbrando a expansão das fronteiras rumo à interdisciplinaridade e a importância dada ao interesse da comunhão das áreas do segmento tecnológico, temos a satisfação de dizer que este evento foi de grande magnitude, congregando diversas áreas da engenharia.

A abordagem do tema "A união das engenharias em prol do desenvolvimento do país", contribuiu para uma formação sólida e ética das profissões ligadas à área Engenharia, bem como traçamos um caminho a ser alcançado nos próximos anos para uma sociedade sustentável, desenvolvida e preparada para enfrentar os novos desafios impostos pela modernidade.

O II Congresso Mineiro de Engenharia e Tecnologia promoveu a oportunidade de trocas de experiências entre os acadêmicos e profissionais da área, permitindo a aproximação dos estudantes às novas exigências do mercado de trabalho, além da atualização de conceitos de tecnologia através da apresentação de trabalhos científicos.

Presidente

Giselle Borges de Moura

Departamento de Engenharia (DEG)
Universidade Federal de Lavras (UFLA)

ARTIGOS SESSÃO ORAL

SESSÃO 1 (Terça-feira (05/12) 14h00 - 17h30)
Título
SISTEMA DE DETECÇÃO DE INTRUSÃO EM REDES DE COMPUTADORES UTILIZANDO FLORESTAS ALEATÓRIAS
FIREFLY - QUADCOPTER DE MONITORAMENTO AUTÔNOMO DE QUEIMADAS EM CAMPOS E FLORESTAS
CONTROLADOR FUZZY MAMDANI APLICADO À NAVEGAÇÃO AUTÔNOMA EM AMBIENTE DESCONHECIDO VARIANTE NO TEMPO
VELOCIMETRIA POR IMAGEM DE PARTICULA E CORRELAÇÃO DE IMAGEM DIGITAL APLICADA AO ESTUDO DE DEFORMAÇÕES EM DE EUCALYPTUS GRANDIS
DETECÇÃO DE FALHAS ESTRUTURAIS EM VIGA COM UTILIZAÇÃO DE EOS
APLICAÇÃO DE ESTATÍSTICAS DE ORDEM SUPERIOR E MÁQUINAS DE VETOR DE SUPORTE PARA DETECÇÃO DE FALHAS EM UM MOTOR DE INDUÇÃO
COMPRESSÃO DE DADOS DE SINAIS ELÉTRICOS COM DISTÚRBIOS BASEADO EM ANÁLISE DE COMPONENTES INDEPENDENTES E LIMIARES ADAPTATIVOS
SESSÃO 2 (Quarta-feira (06/12) 15h00 - 17h30)
Título
ANÁLISE DOS NÍVEIS DE MATERIAIS PARTICULADOS DE UM MOTOR DIESEL UTILIZANDO MISTURAS DE DIESEL E BIODIESEL DE ÓLEO DE MACAÚBA
UTILIZAÇÃO DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA PARA MAPEAMENTO DE USO DE SOLO EM UMA ÁREA DE CAFEEIROS
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS NÍVEIS DE RUÍDO EM INSTALAÇÕES COMPOST BARN COM DIFERENTES TIPOS DE VENTILAÇÃO MECÂNICA
AVALIAÇÃO DE CRITÉRIOS DE CONFORTO ACÚSTICO EM SALA DE AULA
SESSÃO 3 (Quinta-feira (07/12) 14h00 - 16h00)
Título
MODELO FUZZY PARA PREDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO COM ADIÇÕES DE RESÍDUOS FIBRA DE VIDRO SUBMETIDOS A DIFERENTES TEMPERATURAS
APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS VELOCIMETRIA POR IMAGENS DE PARTÍCULAS E CORRELAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS PARA ANALISES DE DEFORMAÇÃO DE PAINÉIS COMPENSADOS OSB EM ENSAIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA
ESPACIALIZAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS NO TERRITÓRIO BRASILEIRO
AMOSTRAGEM DE AMÔNIA ATMOSFÉRICA: COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES REGIMES DE SOLUÇÕES IMPINGER
ESTIMATIVA DA CONCENTRAÇÃO ATMOSFÉRICA DE MONÓXIDO DE CARBONO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS - UFLA
ANÁLISE PRELIMINAR DA DEPOSIÇÃO ATMOSFÉRICA NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

ARTIGOS SESSÃO PÔSTER

SESSÃO 1 (Terça-feira (05/12) 8h00 - 9h00)
Título
PERFIL DE TEXTURA DA GELEIA DE GOIABA
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA GELEIA DE GOIABA PRODUZIDA COM DIFERENTES TIPOS DE AÇÚCARES
DETERMINAÇÃO DO PERFIL HIGIÊNICO-SANITÁRIO DOS MANIPULADORES E COMERCIANTES DE ALIMENTOS EM UMA FEIRA LIVRE DE LAVRAS - MG
TEOR DE UMIDADE EM MANTEIGAS COMERCIALIZADAS NA CENTRAL DE ABASTECIMENTO DE VITORIA DA CONQUISTA-BA
EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE PEQUI COM ETANOL E COSSOLVENTES
ESTUDO TERMODINÂMICO DA EXTRAÇÃO DE SÓLIDOS SOLÚVEIS DA POLPA DE PEQUI UTILIZANDO ETANOL E COSSOLVENTES
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE GESSO ODONTOLÓGICO COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE NANOEMULSÃO DE ÓLEO DE LARANJA

SESSÃO 2 (Terça-feira (05/12) 9h00 - 10h00)
Título
UMA PROPOSTA DE METAHEURISITCA BASEADA EM PRINCIPIOS DE EMPARELHAMENTO ESTAVEL PARA O PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE ALUNOS EM ESCOLAS
UMA PROPOSTA METAHEURÍSTICA PARA O PROBLEMA DE MINIMIZAÇÃO DE CUSTO EM UM PROCESSO DE USINAGEM
CONTRIBUIÇÃO DA FERRAMENTA KAIZEN EM UMA EMPRESA DE CALDEIRARIA E USINAGEM DA CIDADE DE JOÃO MONLEVADE
VIABILIDADE ECONOMICA DO USO DA ÁGUA DA CHUVA: um estudo de caso sobre a implantação em uma indústria metalúrgica.
MONITORAMENTO POR ANÁLISE DE VIBRAÇÃO DE ROLAMENTOS ARMAZENADOS INDEVIDAMENTE
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO MILITEC-1 NO ESCOAMENTO DO ÓLEO BASE DE UMA GRAXA MINERAL
USO DE CHECKLIST PARA ADEQUAÇÃO DE PRENSA PNEUMÁTICA
AVALIAÇÃO DO CONFORTO ACÚSTICO NO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UFLA

SESSÃO 3 (Quinta-feira (07/12) 14h00 - 15h00)
Título
MONITORAMENTO DE ÁREAS AGRÍCOLAS NO SUL DE MINAS GERAIS UTILIZANDO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO
CLASSIFICAÇÃO SEMIAUTOMÁTICA DE IMAGEM SENTINEL 2-A PARA O MAPEAMENTO DO USO DA TERRA DE SÃO SEBASTIÃO DO PARAÍSO, MG
MAPEAMENTO DA COBERTURA TERRESTRE USANDO DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO NO CONDADO DE FRONTIER, NO ESTADO DE NEBRASKA, EU
ESTUDO DA CORRELAÇÃO ENTRE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA OBTIDA POR SENSOR COMERCIAL E O TEOR DE ARGILA AMOSTRADO EM UM SOLO AGRÍCOLA
DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE PINHÃO MANSO
DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE TERMINAL DOS GRÃOS PINHÃO MANSO
ANÁLISE ESPACIAL DAS CONDIÇÕES TÉRMICAS EM INSTALAÇÕES COMPOST BARN COM DIFERENTES SISTEMAS DE VENTILAÇÃO
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E PROCESSAMENTO DE GRÃOS DE NÍGER, VISANDO-O COMO MATÉRIA PRIMA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL
PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE ÓLEO RESIDUAL DE SOJA E SEBO BOVINO
SESSÃO 4 (Quinta-feira (07/12) 15h00 - 16h00)
Título
REDES NEURAIS ARTIFICIAIS APLICADAS NA PREVISÃO DE COMPORTAMENTO DO MERCADO DE AÇÕES
UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE VELOCIMETRIA POR IMAGENS DE PARTÍCULAS (PIV) PARA O ESTUDO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DE PAINÉIS DE MADEIRA COMPENSADO
CONFORTO LUMÍNICO DENTRO DA SALA DE AULA
SIMULAÇÃO DE CONTROLE DE PÊNDULO INVERTIDO COM DOIS GRAUS DE LIBERDADE EM ESPAÇO DE ESTADOS
ESTUDO FLUIDODINÂMICO COMPUTACIONAL (CFD) APLICADO À AERODINÂMICA E AO ARREFECIMENTO DE ROBÔ DE COMBATE
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MORFOLÓGICA DA MADEIRA CEREUS JAMACARU
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA UFLA
INTERFERÊNCIA NA QUALIDADE DE ÁGUA SOFRIDA NAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO
ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE DEPLEÇÃO DA BACIA DO RIBEIRÃO SANTA BÁRBARA, GO
USO DE IMAGENS SENTINEL - 2A E O ALGORITMO SVM PARA MONITORAR AS APP DE NASCENTES E CURSOS D'AGUA DO RIBEIRÃO MARANHÃO, LAVRAS, MG.
APLICAÇÃO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NO MONITORAMENTO DA CONVERSÃO DO USO DO SOLO EM NÍVEL DE PROPRIEDADE RURAL EM LAGOA DOURADA-MG
TENDÊNCIAS CLIMATOLÓGICAS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

SUMÁRIO

Agronomia 1

Ciência da Computação..... 16

Engenharia Agrícola 29

Engenharia Civil 76

Engenharia de Alimentos..... 102

Engenharia de Automação e Controle 139

Engenharia de Materiais 192

Engenharia de Produção 200

Engenharia Florestal 223

Engenharia Mecânica 236

Engenharia Sanitária e Ambiental 252

Segurança do Trabalho e Meio Ambiente 314

Área:

Agronomia

MONITORAMENTO DE ÁREAS AGRÍCOLAS NO SUL DE MINAS GERAIS UTILIZANDO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO

[1]Ribeiro, Leandro José (l.jose.ribeiro@hotmail.com), **[2]Volpato, Margarete M. L.** (margarete@epamig.br), **[2]Alves, Helena M. R.** (helena.alves@embrapa.br), **[2]Dantas, Mayara F.** (mayarafdantas@gmail.com), **[2]Vieira, Tatiana G. C.** (tatianagcvieira@gmail.com)

[1]Universidade Federal de Lavras

Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

[2]EPAMIG

Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: Eventos extremos são intensamente discutidos e relacionados às mudanças climáticas, entretanto há necessidade de estudos mais detalhados sobre a dinâmica de desenvolvimento das áreas agrícolas e naturais nas atuais condições do clima e em condições de eventos extremos. A utilização de imagens de satélite é uma boa opção de monitoramento com menor custo e tempo, detalhamento espacial e precisão. Dessa forma, objetivou-se conhecer o comportamento dos índices de vegetação EVI e NDVI em áreas de café, pasto e vegetação natural do sul de Minas Gerais e relacioná-los a precipitação e temperatura, em período de evento climático extremo. Foram selecionadas áreas agrícolas e naturais próximas às estações meteorológicas do INMET. A precipitação e temperatura apresentaram baixa correlação com índices de vegetação. A variação dos índices de vegetação da cafeicultura e vegetação nativa foram menores comparados com a pastagem. Os comportamentos espectrais dos alvos estudos (vegetação nativa, cafeicultura e pastagem) foram semelhantes em Machado e São Lourenço.

Palavras Chave: Sensoriamento remoto, mudanças climáticas, agropecuária.

MONITORING AGRICULTURAL LANDS OF THE SOUTH MINAS GERAIS USING VEGETATION INDICES

ABSTRACT: Extreme events are being discussed and related to climate change, but there is a need for more detailed studies on the development of agriculture and natural vegetation, in the current climate conditions and in conditions of extreme events. The use of satellite imagery is a monitoring option, with lower cost, time and accuracy. The objective of this work was to know the behavior of EVI and NDVI vegetation indices in coffee, pasture and natural vegetation areas of southern Minas Gerais and to relate them to precipitation and temperature, in extreme climate event period. Agricultural and natural areas were selected near the INMET meteorological stations. The precipitation and temperature indicated low correlation with vegetation indices. The variation of the vegetation indices of the coffee and native vegetation were smaller compared to the pasture. The spectral behaviors of the study areas (native vegetation, coffee cultivation and pasture) were similar in Machado and São Lourenço.

Keywords: Remote sensing, climate change, agriculture

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), no século 20 houve aumento de 0,65ºC na média da temperatura global e foi previsto um aumento entre 1,4ºC e 5,8ºC na temperatura média global até o final do século 21. Mediante esta previsão pode-se admitir que as atuais condições climáticas que delimitam o cultivo de plantas agrícolas serão alteradas (IPCC, 2007). No Sul de Minas, a safra agrícola 2006-2007 apresentou alteração da produção devido a veranicos e altas temperaturas fora da época normal para região, assim como ocorreu na safra agrícola de 2013-2014 e 2014-2015.

Estes eventos estão sendo intensamente discutidos e relacionados às mudanças climáticas, entretanto há necessidade de estudos mais detalhados sobre a dinâmica de desenvolvimento das áreas agrícolas e naturais nas atuais condições do clima, em condições de eventos extremos. E a utilização de imagens de satélite pode ser uma opção de monitoramento com ganhos de custo, tempo, detalhamento espacial e precisão.

O sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) é um dos cinco instrumentos a bordo do satélite TERRA. As imagens MODIS são transferidas para estações terrestres, onde são processadas em diferentes produtos de imagem. Esses produtos são distribuídos gratuitamente via internet. O produto MOD13 possui dois índices de vegetação, o índice da diferença normalizada (NDVI) e o índice de vegetação melhorado (EVI), que são produzidos a parti da composição de imagens de 16 dias com resolução espacial 250 metros (TUCKER et al., 2005).

O objetivo deste trabalho foi conhecer o comportamento dos índices de vegetação EVI e NDVI em áreas de café, pasto e vegetação natural do sul de Minas Gerais e relacioná-los a precipitação e temperatura, em período de evento climático extremo.

2. METODOLOGIA

As áreas monitoradas localizam-se nos municípios de Machado e São Lourenço, na região sul de Minas Gerais (Figura 1).

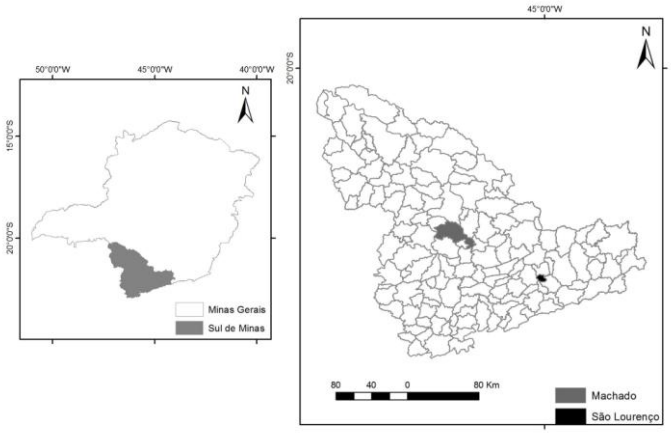


Figura 1. Localização dos municípios de Machado e São Lourenço na região sul de Minas.

Foram selecionadas 10 áreas com 6,25 ha de cafeicultura, pastagem e vegetação natural por município. Essas áreas foram selecionadas no SATVeg (Sistema de Análise Temporal da Vegetação) ferramenta Web desenvolvida pela Embrapa Informática Agropecuária, destinada ao acesso e visualização de perfis temporais dos índices vegetativos NDVI e EVI do sensor MODIS. Com atualização regular, conforme disponibilidade de imagens pelo LP-DAAC/EOS-NASA, o SATVeg fornece ao usuário uma interface Google Maps para a

localização das áreas de interesse, ferramentas para filtragem das séries temporais, módulos para carregamento de arquivos vetoriais, entre outras funcionalidades (EMBRAPA, 2017).

Foram realizadas visitas ao campo para observação do desenvolvimento vegetativo das áreas selecionadas. O índice de vegetação é uma técnica de realce da vegetação, por meio de operações matemáticas simples, usada no processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, com o propósito de analisar diferentes bandas espectrais de uma mesma cena, simultaneamente (HILL; DONALD, 2003). Os índices de vegetação são sensíveis à presença de clorofilas e outros pigmentos da vegetação responsáveis pela absorção da radiação solar na banda do vermelho e tem sido utilizado basicamente para estimar biomassa e mudanças no desenvolvimento das comunidades vegetais (HATFIELD et al., 2008).

Foram utilizados dados climatológicos provenientes das estações agrometeorológicas do INMET de Machado e São Lourenço disponibilizadas pelo sistema Agritempo (2017), para o período de janeiro de 2014 a dezembro de 2016. Foram analisadas as relações entre precipitação, temperatura e os índices de vegetação para o período estudado. Foram calculadas as correlações de Person e seu nível de significância.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

De uma forma geral, as variáveis precipitação e temperatura apresentaram baixa correlação com índices de vegetação, com correlações entre 10 e 50%. A Figura 2 apresenta as relações entre os índices de vegetação para as áreas de vegetação nativa, cafeicultura e pastagem e precipitação mensal para os anos de 2014 e 2016, nos municípios de Machado e São Lourenço. Primeiramente observa-se que, o município de Machado apresentou menor volume de chuva (total de 3900 mm e temperatura média para o período de 22,7ºC) o que resultou em severa deficiência hídrica quando comparado com São Lourenço (total de 4063 mm e temperatura média para o período de 20,8ºC). Entretanto os comportamentos espectrais dos alvos estudos (vegetação nativa, cafeicultura e pastagem) foram semelhantes para os dois locais estudados (Tabela 1).

Observou-se que os índices de vegetação alcançaram menores valores nos anos de 2014 e 2016. Como esperado, os índices de vegetação da vegetação nativa teve menor variação anual, com EVI variando de 0,35 a 0,70 e o NDVI variando de 0,55 a 0,85, seguido pela cafeicultura, com EVI variando de 0,34 a 0,67 e o NDVI variando de 0,54 a 0,83. Já a pastagem apresenta grande variação anual, com EVI variando de 0,21 a 0,58 e o NDVI variando de 0,40 a 0,80. LIU et al. (2012) afirmam que a variação anual dos índices de vegetação obtidos por sensores orbitais, podem ser bons indicadores do estresse da vegetação.

Tabela 1. Média dos índices de vegetação por localidade e sua correlação.

Locais	M	SL	M	SL	M	SL	M	SL	M	SL	M	SL
	Veg. Nativa EVI	Veg. Nativa EVI	Veg. Nativa NDVI	Veg. Nativa NDVI	Café EVI	Café EVI	Café NDVI	Café NDVI	Pasto EVI	Pasto EVI	Pasto NDVI	Pasto NDVI
Média IV	0,5080	0,4668	0,7453	0,7724	0,4800	0,4954	0,7046	0,7343	0,4045	0,3975	0,6044	0,6039
Correlação entre locais	0,80*		0,75*		0,82*		0,76*		0,94*		0,91*	

*Significativa a 5%; M = Machado; SL = São Lourenço; IV = índice de vegetação

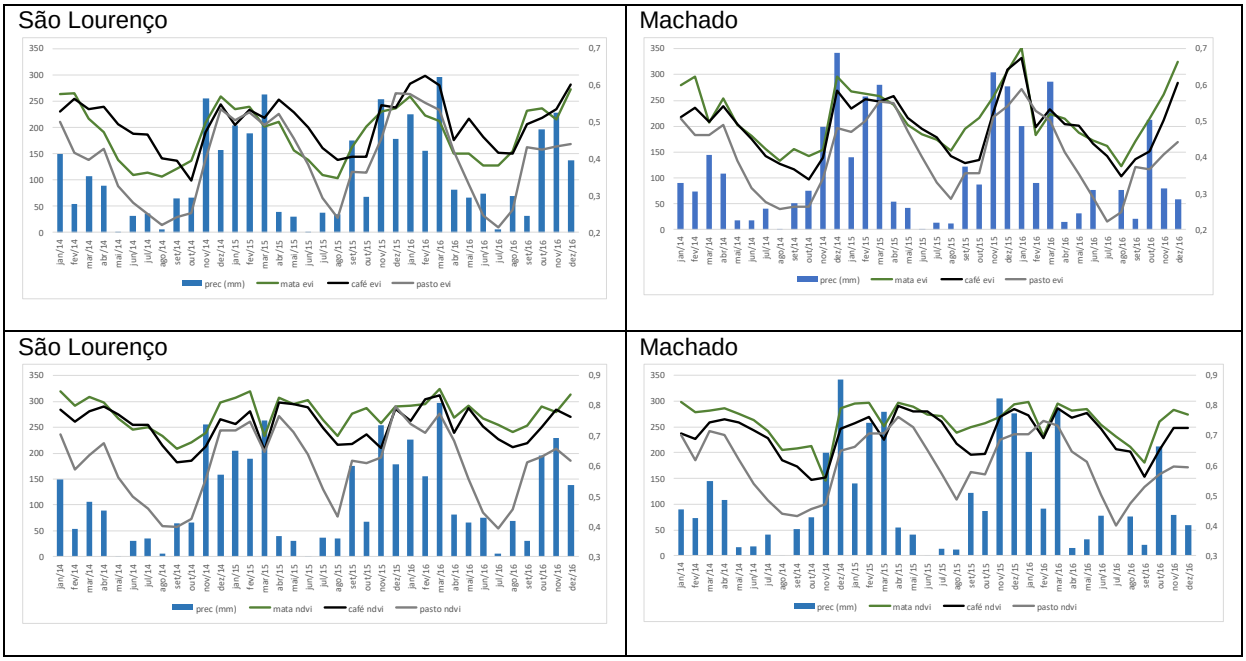


Figura 2. Comportamento dos índices de vegetação e precipitação mensal (mm) para os anos de 2014 e 2016, para São Lourenço e Machado, sul de Minas Gerais.

4. CONCLUSÕES

A temperatura e precipitação apresentaram baixa correlação com índices de vegetação. A variação dos índices de vegetação da cafeicultura e vegetação nativa foram menores comparados com a pastagem. Os comportamentos espectrais dos alvos estudos (vegetação nativa, cafeicultura e pastagem) foram semelhantes em Machado e São Lourenço.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Consórcio Pesquisa Café, FAPEMIG e CODEMIG pelo financiamento de projetos e bolsas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRITEMPO, **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico.** Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Estatisticas/index.jsp?siglaUF=MG> . Acesso em: 10 de mar. 2017.

EMBRAPA, **Sistema de Análise Temporal da Vegetação.** Disponível em: < https://www.satveg.cnptia.embrapa.br/satveg/login.html> . Acesso em: 1 de mai. 2017.

HATFIELD, L.J.; GITELSON, A.A.; SCHEPERS, S.J.; WALTHALL L.C. Application of spectral remote sensing for agronomic decisions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 3, p. S117-S131, 2008. Supplement.

HILL, M.J.; DONALD, G.E. Estimating spatiotemporal patterns of agricultural productivity in fragmented landscapes using AVHRR NDVI time series. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 84, p. 367-384, 2003.

IPCC. **Climate change 2001**: working group II: Impacts, adaptations and vulnerability. Disponível em: <http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/005.html> Acesso em: 8 jun. 2007.

LIU, S., ROBERTS, D.A., CHADWICK, O. A., STILL, C.J. Spectral responses to plant available soil moisture in a Californian grassland. International **Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, New York, v. 19, p. 31-44, 2012.

TUCKER, C.J., PINZON, J. E., BROWN M.E., SLAYBACK, D.A., PAK E.W., MAHONEY R., VERMOTE E.F., SALEOUS N. An extended AVHRR 8-km NDVI Data Set Compatible with MODIS and SPOT Vegetation NDVI Data. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 26, p. 4485-4498, 2005.

CLASSIFICAÇÃO SEMIAUTOMÁTICA DE IMAGEM SENTINEL 2-A PARA O MAPEAMENTO DO USO DA TERRA DE SÃO SEBASTIÃO DO PARAÍSO, MG

[1]**Campos, Beatriz Fonseca** (beatriz_dominik@yahoo.com.br), [2]**Volpato, Margarete M. L.** (margarete@epamig.br), [2]**Alves, Helena M. R.** (helena.alves@embrapa.br), [1]**Inácio, Franklin d.** (inacio@hotmail.com), [3]**Maciel, Daniel A.** (damaciel_maciel@hotmail.com)

[1]**Universidade Federal de Lavras**

Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

[2]**EPAMIG**

Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

[3]**INPE**

Av. Dos Astronautas, 1.758, São José dos Campos, SP, Cep 12227-010

RESUMO: Os mapeamentos utilizando geotecnologias como sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas são de suma importância para a cafeicultura, já que permitem obter informações precisas e eficientes sobre a distribuição espacial e caracterização ambiental, auxiliando na estimativa e planejamento desse setor. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi classificar uma imagem do satélite Sentinel 2-A utilizando metodologia GEOBIA (Geographic Object-Based Image Analysis) e obter o mapa de uso da terra do município de São Sebastião do Paraíso. Nesse município a cafeicultura tem grande importância socioeconômica e história. Para tanto, foi realizado o pré-processamento da imagem, a segmentação utilizando o conceito de GEOBIA e classificação utilizando o classificador KNN (k-nearest neighbors). Para testar a acurácia da classificação foi empregada a metodologia de matriz de confusão, por meio do índice de acurácia Kappa, que resultou em 0,95. O resultado desse estudo é o mapa de uso da terra para as classes café, vegetação natural, corpos d'água, área urbana e outros usos.

Palavras Chave: Cafeicultura; GEOBIA; índice Kappa

SEMIAUTOMATIC CLASSIFICATION OF IMAGE SENTINEL 2-A FOR THE MAPPING OF THE USE OF THE LAND OF SÃO SEBASTIÃO DO PARAÍSO, MG

ABSTRACT: Mapping using geotechnologies such as remote sensing and geographic information systems is important for coffee production, since it allows accurate and efficient information on spatial distribution, environmental characterization, estimation and planning. The objective of this work was to classify an image of the Sentinel 2-A satellite using GEOBIA (Geographic Object-Based Image Analysis) methodology and to obtain the land use map of São Sebastião do Paraíso. Image preprocessing, segmentation using the GEOBIA concept and classification using the KNN (k-nearest neighbors) classifier were performed. To test the accuracy of the classification, a confusion matrix methodology was used, using the Kappa accuracy index, which resulted in 0.95. The result of this study is the map of land use for the classes coffee, natural vegetation, water bodies, urban area and other uses.

Keywords: Coffee; GEOBIA; Kappa index.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do café é de suma importância para economia brasileira, já que o país é o maior produtor e exportador do mundo. Mais de 50% dessa produção localiza-se no Estado de Minas Gerais, sendo 25% deste montante do Sul do Estado (CONAB, 2017), dessa forma é legítima a preocupação com a distribuição e o monitoramento de sua safra. Para isso, podem-se utilizar as geotecnologias, que são ferramentas importantes para se conhecer a distribuição espacial da cafeicultura e quantificar as áreas em produção.

Os sensores orbitais e a disponibilidade de imagens permitiram que grandes áreas pudessem ser monitoradas, fornecendo informações eficientes e precisas sobre a superfície da terra. No dia 23 de junho de 2015, foram lançados os satélites Sentinel 2-A como parte do programa Europeu Copernicus, disponibilizando imagens gratuitas a cada 5 dias (ESA, 2016). O satélite carrega o sensor MSI (Multi Spectral Instrument) com 13 bandas espectrais, sendo 4 bandas no visível com resolução espacial de 10 m (INPE, 2017).

Para o processamento e a classificação de imagens de satélite têm sido utilizadas diferentes metodologias, entre as mais recentes estão as classificações orientadas a objetos geográficos (GEOBIA - Geographic Object-Based Image Analysis) que permitem a segmentação das imagens em objetos espaciais homogêneos e próximos, sendo um modelo diferenciado em relação ao procedimento baseado apenas na informação do pixel.

O objetivo desse trabalho foi classificar uma imagem do satélite Sentinel 2-A utilizando metodologia GEOBIA e obter o mapa de uso da terra no município de São Sebastião do Paraíso. Nesse município do Sul de Minas a cafeicultura tem grande importância socioeconômica e histórica.

2. METODOLOGIA

A área de estudo está localizada no município de São Sebastiao do Paraíso, localizado na Região Sul do Estado de Minas Gerais (Figura 1), o município tem uma área total de 81.493 ha e a área utilizada para o estudo corresponde à 76.433 ha.

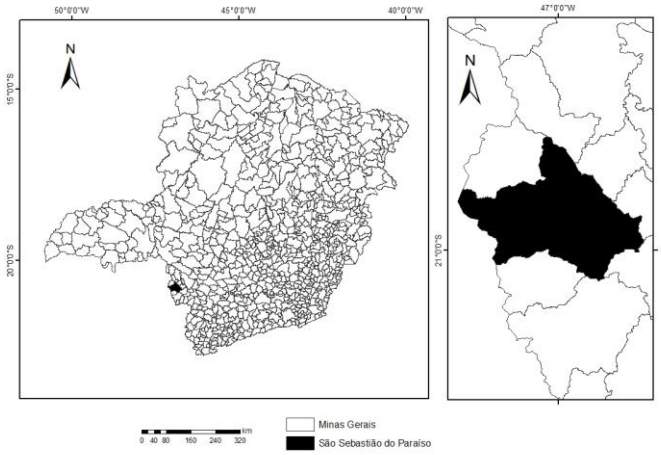


Figura 1. Localização do município de São Sebastião do Paraíso na Região Sul do Estado de Minas Gerais.

Foi utilizado a imagem Sentinel 2-A (ESA) com passagem no dia 17 de setembro de 2016. Os dados multiespectrais foram extraídos no portal EarthExplorer (http://earthexplorer.usgs.gov/). Para a classificação da imagem utilizou-se as bandas 2 (490 nm); 3 (560 nm); 4 (665 nm); 8 (842 nm); e NDVI, com 10 metros de resolução espacial (INPE, 2017). Na etapa de pré-processamento da imagem e cálculo do NDVI foi utilizado o

software ArcMap 10.4®. O processo de segmentação e classificação da área foi realizado no software Definiens 8.7®, abordando o método GEOBIA (Geographic Object-Based Image Analysis). Na etapa de segmentação utilizaram-se os seguintes parâmetros: Escala = 100; Shape = 0,1; Compactness= 0,5. As classes consideradas no mapeamento de cobertura da terra foram: corpos d'água, área urbana, café, outros usos (solo exposto, pastagens, outras cultivares agrícolas) e vegetação natural. Para etapa de classificação semiautomática foram coletas amostras aleatórias e distribuídas na área de estudo. O classificador escolhido foi KNN (k-nearest neighbors). Após a classificação foi realizada a matriz de confusão para a realização do cálculo do índice kappa, tomando-se 100 pontos como verdade de campo. Os pontos de verdade de campo foram fornecidos pela EMATER-MG (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais)

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados desse trabalho são o mapa de uso da terra para as classes café, vegetação natural, corpos d'água, área urbana e outros usos (Figura 2), e a quantificação desses usos no município de São Sebastião do Paraíso, Minas Gerais.

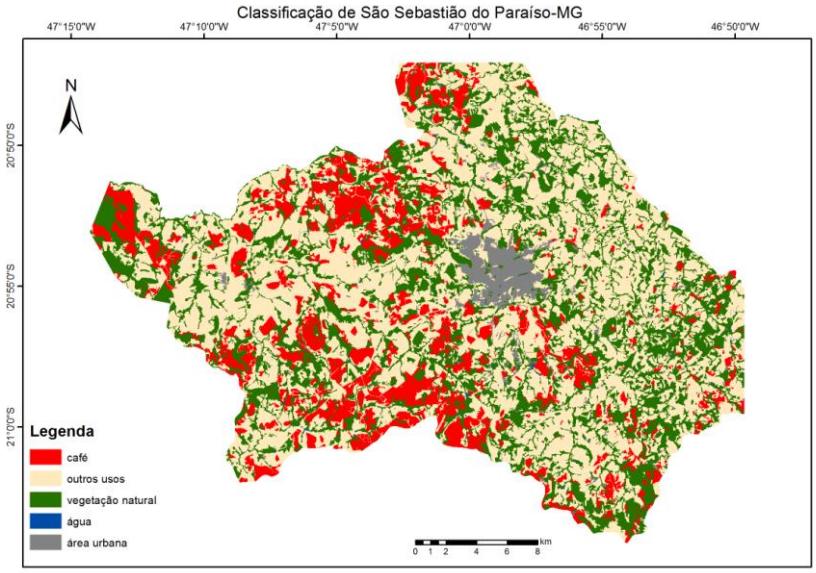


Figura 2. Classificação da área de estudo.

As informações geradas indicam que a cafeicultura ocupa 12.433 ha que equivale a 16% da área analisada (Tabela 1). O cálculo do índice Kappa resultou no valor de 0,95, dessa forma a classificação se mostra eficiente segundo Fonseca (2000) e a exatidão de 81,25% para a classificação de café.

Tabela 1. Quantificação do uso da Terra na área de estudo.

Classes	Área em ha
ÁGUA	107
ÁREA URBANA	2.264
CAFÉ	12.433
OUTROS USOS	39.411
VEGETAÇÃO NATURAL	22.216

4. CONCLUSÕES

Imagens Sentinel-2 apresentam nitidez e alta qualidade da informação espectral.

A metodologia GEOBIA para classificação da imagem foi satisfatória e confiável permitindo a produção do mapa de uso da terra na área estudada com ótima acurácia e exatidão da cafeicultura.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Consórcio Pesquisa Café, FAPEMIG e CODEMIG pelo financiamento de projetos e bolsas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONAB, C. N. D. A. **Acompanhamento da safra Brasileira**. 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_05_18_15_37_37_boletim_cafe_-_maio_2017.pdf >. Acesso em: 28 set. 2017.

ESA **Sentinel-2 Delivers First Images**. Disponível em: <http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2/Sentinel-2_delivers_first_images> Acesso em: 28 set. 2017.

FONSECA, L.M.G. **Processamento digital de imagens**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000. 105p.

INPE **Satélites e sensores**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/3-Satelites_e_Sensores.pdf > . Acesso em: 21 de mar. 2017.

MAPEAMENTO DA COBERTURA TERRESTRE USANDO DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO NO CONDADO DE FRONTIER, NO ESTADO DE NEBRASKA, EUA

[1]**Andrade, Vinicius Henrique Gomes Zuppa de Andrade** (viniciuszuppaandrade@hotmail.com), [1]**Pereria, Ronnie Tomaz** (ronnie@educarpv.com), [1]**Ferreira, Elizabeth** (bethf@deg.ufla.br)

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: O município de Frontier, Nebraska, EUA, possui uma área total de 2.538 km2 e está localizado na região sudoeste do estado. Sabendo-se que esse município é um grande produtor de milho e pertencente ao “Cornbelt”, o sensoriamento remoto torna-se uma alternativa para identificação, quantificação e análise dessas áreas de cultivo. Objetivou-se neste trabalho construir mapas de uso e cobertura da terra, em duas épocas do ano (inverno e verão), para estudar a dinâmica das áreas agrícolas deste município. Para tal, utilizaram-se imagens do satélite OLI/LANDSAT-8 do ano de 2015 disponibilizadas pelo USGS – Serviço Geológico dos Estados Unidos. Para o mapeamento utilizou-se classificação supervisionada e algoritmo de máxima versossimilhança. A diferença entre as áreas de cultivo e áreas em pousio das duas épocas evidenciou o que já era conhecido. A área da safra de verão apresentou aumento de 242,6 km2 em relação à safra de inverno, explicado pelo fato de o plantio de culturas de verão (milho e soja) ser maior que o plantio de inverno (trigo de inverno). Estes resultados foram coerentes com os apresentados pelo censo de agricultura do ano 2012. Ainda assim 63% do município é coberto por área de preservação. Os recursos hídricos mostraram-se estáveis, porém a área foi inferior ao da base de dados do governo. Concluiu-se que a técnica utilizada possibilitou a obtenção de um bom resultado para a agricultura, porém é imprescindível o total conhecimento da região para uma melhor interpretação e diminuição da margem de erro na geração das informações.

Palavras Chave: Sensoriamento Remoto; Uso da terra; Classificação; Mapeamento

MAPPING LAND COVER USING REMOTE SENSING DATA IN FRONTIER COUNTY IN THE STATE OF NEBRASKA, USA

ABSTRACT: The Frontier County, Nebraska, USA, has a total area of 2709.35 km^2 and is located in the southwest region of the state. Knowing that this county is a large corn producer and belonging to the "Cornbelt", remote sensing becomes an alternative for identification and quantification and analysis of these areas. The aim of this work was to construction maps of land use and land cover, in two seasons of the year (winter and summer), to study the dynamics of the agricultural areas of this county. For this purpose, images of OLI/LANDSAT-8 satellite taken in 2015 and available at the USGS, Geological Survey of the United States, were used. For the mapping we used supervised classification and algorithm of maximum versatility. The difference between how farmed areas and fallow areas of the two the seasons showed what was already known. The area of the summer crop showed an increase of 242.6 km^2 in relation to the winter crop, explained by the fact that the planting of summer crops, corn and soybean, was higher than the winter planting. These results were consistence with the components of the agricultural market year. Still, 63% of the county is covered by preservation areas. Water resources were stable, but one area was lower than the government database. It was concluded that the technique used makes it possible to obtain a product for an agriculture, but it is essential, the total knowledge of the region for a better interpretation and reduction of the margin of error in the act of use of the generated data.

Keywords: Remote Sensing; Land Use; Classification; Mapping

1. INTRODUÇÃO

As técnicas de sensoriamento remoto, apoiadas no uso de imagens de satélite, constituem as principais fontes de dados para a elaboração de mapas de uso e cobertura da terra.O levantamento sobre o uso e a cobertura da terra comporta análises e mapeamentos que são de grande utilidade para o conhecimento das formas de uso e de ocupação do espaço, constituindo importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão (LILLESAND et al., 2008, IBGE,2013). É uma variável dinâmica porque reflete a interação entre atividades socioeconômicas e mudanças ambientais regionais, e, por esse motivo, é necessário ser atualizado com freqüência.

O município de Frontier, Nebraska, EUA, possui uma área total de 2.538 km2 e está localizado na região sudoeste do estado, entre as coordenadas 40° 42′ 7.213″ e 40° 20′ 55.545″ de latitude N e 99° 58′ 53.807″ e 100° 47′ 0.602″ de longitude WGr. Este município é considerado um produtor de grande volume de grãos, , fazendo parte da região que possui características adequadas para a produção de milho, denominada “Cornbelt” ou seja, cinturão do milho. O cultivo de milho no município é feito no verão e o de trigo na primavera. Com base neste conhecimento, no presente trabalho foram utilizadas imagens de satélite destas duas estações do ano, com o objetivo de identificar e quantificar as áreas de cultivo e outros usos, como, preservação e recursos hídricos, por meio da técnica de classificação supervisionada. Esta técnica é muito utilizada para extrair informações sobre o uso e cobertura da terra de maneira relativamente precisa, rápida e econômica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As imagens utilizadas neste estudo foram adquiridas em 4 de Abril de 2015 e 16 de Julho de 2015 pelo sensor OLI (Operational Land Imager) do satélite Landsat-8, cujas características estão na Tabela 1. Uma única órbita-ponto (31/32) foi necessária para cobrir o município de Frontier. de.As imagens foram obtidas no Earth Explorer, banco de dados de imagens do USGS – Serviço Geológico dos Estados Unidos (Landsat Imagery Archive) possuindo um ângulo solar de 36,13 graus e uma cobertura de nuvens menor que 10%.
Inicialmente foram elaboradas composições coloridas OLI/Landsat-8 543/RGB para interpretação visual das imagens das duas épocas e definição das classes de uso e cobertura da terra a serem mapeadas. A experiência vivenciada em campo foi fundamental para definição das seguintes classes: água, área cultivada, área de preservação e área em pousio.

Tabela 1. Conjunto de dados usados na análise e suas características

Conjunto de dados	Ano de aquisição	Resolução espacial	Fonte
Landsat 8 OLI imagem satélite	Abril 2015	30 m X 30 m	U. S. Geological Survey
Landsat 8 OLI imagem satélite	Julho 2015	30 m X 30 m	U. S Geological Survey

As características do uso e cobertura da terra foram obtidas usando uma classificação supervisionada. Um conjunto de áreas de treinamento foi criado usando polígonos para representar cada classe definida anteriormente. Na classificação supervisionada foi utililizado o algorítimo de máxima verossimilhança, que classifica cada pixel com base na variância e co-variância do padrão de resposta espectral de cada classe (apud RUJOIU-MARE E MIHAI, 2016).

Por último foi feita a quantificação e descrição das mudanças ocorridas entre as duas épocas (abril e julho) e comparação dos resultados com dados oficiais do censo oficial da agricultura do estado de Nebraska.

O trabalho foi desenvolvido no software SPRING disponibilizado pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CÂMARA, et al., 1996).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 apresenta o mapa de uso e cobertura da terrado município de Frontier, Nebraska,EUA, para os meses de Abril e Maio de 2015. .Nesta figura pode ser observado que a área cultivada no verão (Julho/2015) é muito maior do que a cultivada no inverno (Abril de 2015). A diferença entre as áreas de cultivo das duas épocas evidenciou o que já é conhecido e confirmou as observações feitas em campo pela Tabela 2 pode-se observar que houve um aumento de 242,6 km2 nas áreas cultivadas no verão e uma redução de 167,3 km2 nas áreas em pousio em relação as imagens de inverno. Esse aumento é explicado considerando que área cultivada no verão(milho e soja), , é maior do que área de plantio de inverno(trigo de inverno), uma vez que esta é uma região em que há grande produção de milho e apenas uma safra por ano. Dados do censo de 2012, mostram que 62.218 acres (251,79 km2) do município de Frontier foram cultivados com milho, área esta muito semelhante ao aumento obtido da análise deste estudo. Sendo assim, a economia da região é gerada, principalmente, da produção deste grão. Além disso, conseguiu-se também observar a preocupação com a preservação ambiental na região, já que, segundo este estudo, 63% do município é coberto por área destinada a preservação, sendo que esta sofreu uma redução de 3% ocasionado pelo plantio de verão e outros fatores. A superfície de espelho d'água foi em média de 11,34 km2 sendo este valor menor do que os registros na base de dados e controle americano (14 km2) tabela 2.

Tabela 2. Área das classes e área total classificada em km^2

Season	Water	Growing_Veg	Dead_Veg	Preservation	Unclassified	Total
Abril	11,9907	240,7887	578,0808	1706,4369	172,0622	2709,3593
Julho	10,6938	483,3693	410,7348	1632,4983	172,0622	2709,3584

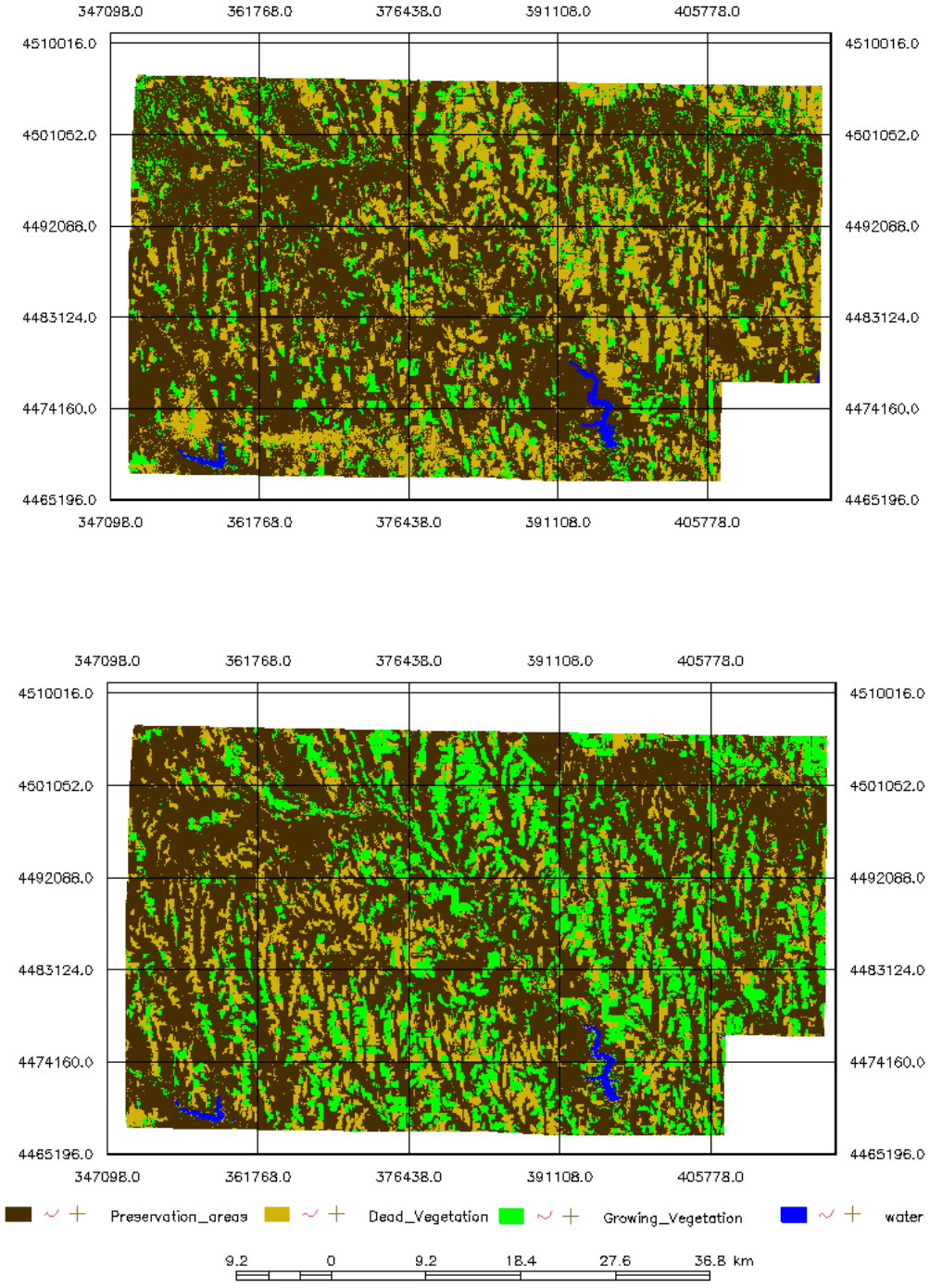


Figura 1. Acima: Mapa classificado Abril/2015. Abaixo: Mapa classificado Julho/2015

4. CONCLUSÃO

Concluiu-se que a técnica utilizada possibilitou a obtenção de um bom resultado para a agricultura, porém é imprescindível o total conhecimento da região para uma melhor interpretação e diminuição da margem de erro na geração das informações.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. Spring: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. Computers & Graphics, London, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico de uso da terra. 2. ed. Rio de Janeiro, 2013. 171 p.

RUJOIU-MARE, M-R., MIHAI, B-A. Mapping Land Cover Using Remote Sensing Data and GIS Techniques: A Case Study of Prahova Subcarpathians. Procedia Environmental Sciences. v. 32, p. 244 – 255, 2016.

USDA – US DEPARTMENT OD AGRICULTURE. Census of Agriculture, Frontier County, Nebraska, 2012. Disponível em https://www.agcensus.usda.gov/Publications/2012/Online_Resources/County_Profiles/Nebraska/cp31063.pdf. Acesso em 10/10/2017.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores Vinicius Henrique Gomes Zuppa de Andrade, Ronnie Tomaz Pereira e Elizabeth Ferreira são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

Área:

Ciência da Computação

SISTEMA DE DETECÇÃO DE INTRUSÃO EM REDES DE COMPUTADORES UTILIZANDO FLORESTAS ALEATÓRIAS

Scalco Neto, Heitor (heitorscalco@hotmail.com), **Soares Lacerda, Wilian** (lacerda@dcc.ufla.br), **Simão, Vancley** (vancleys@gmail.com)

Universidade Federal de Lavras - Departamento de Ciência da Computação
Caixa Postal 3037, Campus Universitário, Lavras, Minas Gerais, CEP 37200-000

RESUMO: Este artigo apresenta uma metodologia para reconhecimento de intrusão em redes de computadores, utilizando a técnica de Florestas Aleatórias. Esta produção tem como principal objetivo apresentar um Sistema de Detecção de Intrusão em Redes de Computadores, em ambiente real, utilizando Florestas Aleatórias e uma nova combinação de características para a classificação de tráfego de rede. Para os experimentos utilizou-se uma base de dados própria criada com diversos tipos de tráfego de rede, em ambiente real. Resultados obtidos com a utilização da técnica de Florestas Aleatórias mostram taxas de acertos em torno de 96%, afirmando assim a viabilidade da utilização da técnica de Florestas Aleatórias para resolver problemas de classificação de tráfego de redes de computadores, em ambiente real.

Palavras Chave: Sistema de Detecção de Intrusão; Florestas Aleatórias; Segurança da Informação; Inteligência Computacional.

NETWORK INTRUSION DETECTION SYSTEM USING RANDOM FORESTS

ABSTRACT: This paper presents a metodology to network intrusion recognition, using an Computacional Intelligence technique called Random Forests. The main objective of this paper is to propose a Network Intrusion Detection System, in real environment, using Random Forests and a new features combination to network traffic classification. For the experiments we created a dataset with different types of network traffic. The results obtained with the use of the Random Forests technique show averages of hits around 96%, thus affirming the feasibility of using the Random Forest technique to solve problems of classifying traffic in computer networks in a real environment.

Keywords: Network Intrusion Detection System; Random Forests; IT Security; Computational Intelligence.

1. INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Detecção de Intrusão em Redes de Computadores (NIDS - *Network Intrusion Detection Systems*) têm importância fundamental para garantir a confiabilidade e disponibilidade em uma rede de computadores (SCALCO NETO 2017). Desta forma, este artigo propõe uma metodologia para o desenvolvimento de um NIDS, por anomalias, utilizando Florestas Aleatórias.

A técnica de Florestas Aleatórias foi aplicada e avaliada a fim de estabelecer a eficácia do método para a detecção de intrusão nos ambientes computacionais. Para que o NIDS fosse capaz de operar em ambiente real, fez-se necessário a utilização de uma API (*Application Programming Interface*), que tem como objetivo capturar o tráfego de rede e realizar o pré-processamento da informação para a técnica de Florestas Aleatórias. A partir da API utilizada, criou-se uma base de dados abordando diversos tipos de tráfego e diferentes sistemas operacionais e aplicações. Esta base de dados permite que testes de eficácia do método sejam realizados em ambiente real.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistemas de Detecção de Intrusão em Redes

O termo Detecção de Intrusão define-se como o processo de monitorar eventos que estão ocorrendo em uma rede de computadores, buscando tráfego intrusivo. Um NIDS trabalha analisando exclusivamente o tráfego de rede, sem utilizar informações específicas de *hosts* (Ex.: utilização de memória), geralmente utilizando uma interface de rede em modo promíscuo, funcionando como um *sniffer* (UCHOA 2009). Esse tipo de sistema geralmente atua com um ou mais sensores na rede e uma estação de monitoramento. Quando um sensor detecta uma atividade anormal na rede, um alerta é transmitido para a estação de monitoramento que informará ao administrador da rede sobre a situação.

2.2 Florestas Aleatórias

De acordo com BREIMAN e CUTLER (2016), a técnica de Florestas Aleatórias é um algoritmo de particionamento recursivo que combina predições feitas por um conjunto de Árvores de Decisão. Este algoritmo utiliza o mesmo método das Árvores de Decisão, no qual os dados são divididos, recursivamente, em nós de classificação.

O processo de aprendizado, ou treinamento, desta técnica funciona com a criação de centenas (ou até milhares) de Árvores de Decisão. Cada árvore é criada baseando-se em um pequeno conjunto (ou apenas uma) de amostras dos dados. As árvores são criadas sem um limite máximo de profundidade dos nós (exceto na utilização de Poda), sendo que as florestas são formadas pela agregação destas árvores (BOLDT *et. al*. 2014).

2.3 Parâmetros de Treinamento

O treinamento de Florestas Aleatórias requer a definição de alguns parâmetros. Desta forma, a utilização do algoritmo de treinamento de Florestas Aleatórias, utilizando a biblioteca Scikit-Learn (SCIKIT 2017), permite definir os seguintes parâmetros:

- max_depth: Profundidade Máxima da Árvore;
- max_features: Número Máximo de Características utilizadas;
- n_estimators: Número Máximo de Árvores na Floresta;
- min_samples_split: Número Mínimo de Amostras para criar um nó (ponto de divisão de duas folhas);
- min_samples_leaf: Número Mínimo de Amostras para criar uma folha;

Com a realização de testes, por tentativa e erro, os parâmetros podem ser melhores ajustados, tendo em vista limitações da profundidade das árvores e outros aspectos, evitando assim a ocorrência de *overfitting* (Situação em que a técnica “decora” os dados de treinamento e pondera mais significativamente a classificação para uma determinada classe) (SCIKIT 2017).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Com intuito de buscar a solução para o problema de reconhecimento de intrusão em redes de computadores, utilizou-se a técnica de Florestas Aleatórias e um conjunto de características extraídas de conexões de rede. A técnica de Florestas Aleatórias apresenta um grau avançado de generalização, podendo beneficiar os resultados da classificação de tráfego intrusivo em redes de computadores. Para os experimentos com Florestas Aleatórias utilizou-se a biblioteca *Scikit-Learn*. Partiu-se de um princípio no qual foi permitido que a floresta crescesse de acordo com as características dos dados e, posteriormente, realizaram-se as devidas limitações de tamanho, com processos conhecidos como Poda. O processo de resolução do problema apresentado é descrito no decorrer desta seção.

3.1 API de Captura e Tratamento de Pacotes e Conexões

Para que fosse possível a criação da base de dados e extração de características de pacotes de rede brutos, fez-se necessária a utilização de uma aplicação que capturasse os pacotes, realizasse o pré-processamento e enviasse para a técnica de Florestas Aleatórias ou um arquivo de texto (processo de construção da base de dados). Desta forma, utilizou-se a API desenvolvida por SCALCO NETO (2017), na qual realiza o pré-processamento de pacotes de rede em vetores de conexão. O funcionamento da API é apresentado, de forma simplificada, na Figura 2.

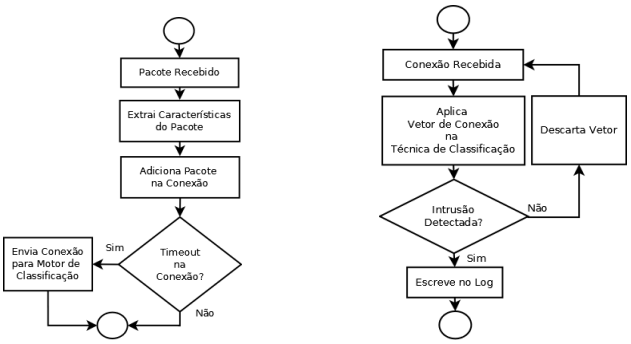


Figura 2. Extração de Características, Pré-processamento e Motor de Classificação.

O conceito de “vetor de conexão” é definido por um fluxo de dados, identificado pela variável *Unique_id*, sendo assim, o *Unique_id*, para os protocolos TCP e UDP, é composto por protocolo, endereço IP de origem, porta de origem, endereço IP de destino e porta de destino. Já no caso do protocolo ICMP, o qual não contém portas em seu cabeçalho, os campos porta de origem e porta de destino foram substituídos pelo ICMP ID (se presente no cabeçalho, caso contrário é preenchido com "-1"). Alguns exemplos da formatação do *Unique_id* são mostrados a seguir:

- TCP - 177.105.60.1:5800 - 177.60.20.30:80;
- UDP - 177.105.60.1:44000 - 177.60.23.31:6505;
- ICMP - 177.60.23.32 - 177.105.60.1; 1200;

A seleção de características utilizadas, extraídas da base de dados pela API resultou em um conjunto de três categorias, são elas (Obs.: O conjunto completo de características é apresentado em SCALCO NETO (2017):

- **Características obtidas de uma conexão:** duração, protocolo, serviço, *flag* de conexão, quantidade de *bytes* trafegados, quantidade de pacotes com erro, [...];
- **Características obtidas por um Buffer de tempo de conexões, em um passado de 2 segundos:** quantidade de conexões para o mesmo *host,* percentual de conexões para o mesmo serviço, [...];
- **Características obtidas por um *Buffer* das 100 últimas conexões:** quantidade de conexões para o mesmo *host*, percentual de conexões para serviços diferentes, [...];

Por fim, o formato dos dados de saída da API, que são disponibilizados para as técnicas de Inteligência Computacional, via *socket*, são apresentados seguindo o modelo dos tópicos abaixo, os quais representam os vetores de conexão:

- 63.0,TCP,HTTP,S0,280,[...],30,100.0,0.0,0.0,93.0,100.0,6.0,normal;
- 0.0,TCP,SSH,S0,[...],30100.0,34,1,0.0,100.0,5.0,100.0,0.0,100.0,ataque;

3.2 Processo de Construção da Base de dados de testes

A infraestrutura de rede, sem dúvida, é um ponto importante para a criação de uma base de dados, e é necessário ter cautela para diversos fatores, tais como: topologia, serviços, segurança e disponibilidade dos ativos de rede. A infraestrutura utilizada contou com oito computadores, sendo um utilizado para a execução da API, um para virtualizar os servidores e outros seis para gerar tráfego de rede, e também dois *Smartphones* para realizar a utilização de aplicativos.

Para que fosse possível representar o uso normal e anômalo de uma rede de computadores, fez-se necessário que vários serviços do dia-a-dia fossem executados durante a construção da base de dados. Desta forma, diversas aplicações foram testadas durante o processo de captura de pacotes, tais como: Navegador Web, Streaming de Áudio e Vídeo, FTP, E-mail, SSH, DHCP, DNS, NTP, entre outros. Também, executaram-se ataques de negação de serviço (*DoS* e *DDoS*) com os protocolos TCP (utilizando diversas *flags*), UDP e ICMP, e também varredura de portas. Ao final, obteve-se a captura de 115.030 conexões, quantidade considerada suficiente para realizar testes de eficácia e generalização do método proposto.

3.3 Treinamento da Técnica de Florestas Aleatórias e Análise

A etapa de treinamento da técnica de Florestas Aleatórias foi realizada com a utilização da biblioteca *Scikit-Learn* (SCIKIT, 2017). Primeiramente, os dados de treinamento, pré-processados, são misturados e separados aleatoriamente, com a definição de uma porção de 80% da base de dados para treinamento e 20% para testes.

Com intuito de garantir a consistência dos resultados, devido à inicialização de alguns parâmetros do algoritmo de treinamento ser de modo aleatório, os experimentos foram repetidos por 10 vezes. Cabe ressaltar que em todas as repetições os dados foram misturados e separados de forma aleatória, mantendo a proporção de 80% e 20%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos experimentos realizados com a metodologia proposta neste artigo, utilizando a base de dados criada a partir da API, foi possível obter diversos resultados da utilização da técnica de Florestas Aleatórias, os quais são apresentados, em detalhes, nesta seção.

A Tabela 1 apresenta os percentuais de acerto com os dados de teste da base de dados.É possível perceber que o desvio padrão dos resultados fica próximo a zero, o que demonstra um grau elevado de consistência.

Tabela 1. Taxas de Acerto obtidas por meio dos testes

Treinamento	Taxa de Acertos
1	96,08%
2	96,36%
3	95,44%
4	95,93%
5	96,19%
6	96,34%
7	95,67%
8	96,71%
9	96,26%
10	96,41%
Média	96,14%
Desvio Padrão	0,37442

A definição dos parâmetros de treinamento deu-se por tentativa e erro, até que os melhores resultados fossem obtidos. A profundidade e o número máximo de árvores na floresta foram limitados para evitar *Overfitting*. A limitação do número de características utilizadas foi realizada, uma vez que, ao utilizar todas as características da base de dados, não notou-se diferença significativa nos resultados. Os parâmetros utilizados para o treinamento são apresentados nos tópicos a seguir:

- Profundidade Máxima: 3;
- Máximo de Características: 25;
- Número de Árvores na Floresta: 1000;
- Número mínimo de amostras para criar um nó: 2;
- Número mínimo de amostras para criar um nó folha: 5.

A Tabela 2 apresenta a matriz de confusão dos resultados obtidos. Percebe-se um equilíbrio entre os números de falsos positivos e falsos negativos. A pior situação em um NIDS é a ocorrência de Falsos Negativos, que neste caso um tráfego intrusivo passa pela rede sem ser detectado. Percebe-se que a ocorrência de Falsos Negativos e Falsos Positivos tem valores aproximados a zero.

Tabela 2. Matriz de Confusão do NIDS com a Base de Dados Auxiliar (API) (Primeiro Treinamento) com Florestas Aleatórias

	Positivo	Negativo	Total
Positivo	Verdadeiro Positivo (VP) 62.429 (54,27%)	Falso Negativo (FN) 696 (0,60%)	63.125
Negativo	Falso Positivo (FP) 3.802 (3,30%)	Verdadeiro Negativo (VN) 48.103 (41,81%)	51.905
Total	66.231	48.799	115.030 (100%)

Valores do coeficiente Kappa acima de 0,75 representam um classificador perfeito (SCALCO NETO 2017), no qual os resultados apresentados são consistentes, e não obtidos

por mero acaso. Os resultados obtidos mostram valores de coeficiente Kappa de 0,921, afirmando assim a consistência dos resultados obtidos.

Por fim, os resultados obtidos com os experimentos realizados podem ser comparados a outras propostas semelhantes, as quais utilizam a técnica de Florestas Aleatórias para a classificação de tráfego de redes de computadores. A partir da Tabela 3, pode-se perceber uma maior taxa de acertos em relação às outras propostas, e também percebe-se que este artigo mostra a acurácia obtida com experimentos realizados, utilizando uma base de dados alternativa, criada em ambiente real, para validação.

Tabela 3. Percentual de Acertos comparados com trabalhos correlatos

Proposta	Taxa de Acertos
Esta proposta	96,1%
Zhang et. Al (2008)	94,7%
Panda et. Al (2011)	80,6%

5. CONCLUSÃO

Este artigo teve como principal objetivo explorar, avaliar, apresentar e validar a utilização da técnica de Florestas Aleatórias para a resolução de problemas de reconhecimento de intrusão em redes de computadores. Os resultados obtidos demonstram um ganho expressivo na acurácia da classificação com os métodos propostos, em relação às outras propostas apresentadas, demonstrando eficácia na detecção de intrusão. Percebe-se, também, a taxa reduzida de Falsos Negativos (0,60%), o que aumenta a confiabilidade do método. Como propostas de continuidade estão incluídas situações como a aplicação do método em uma rede de grande escala e a construção de um sistema embarcado para ser utilizado como um equipamento de rede com a técnica utilizada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOLDT, A. S. et al. **Coleções nucleares [...] por inteligência computacional**. 2014. 67 p. Tese – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

BREIMAN, L.; CUTLER, A. **Random Forests**:[...]. [S.l.: s.n.], 2016. Disponível em: <http://www.stat.berkeley.edu/~breiman/RandomForests/cc_home.htm>. Acesso em: 13 out. 2017.

SCALCO NETO, Heitor. **Sistema de detecção de intrusão em redes de computadores [...]**. 2017. 153 p. Dissertação – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

SCIKIT. **Forest Classifier. Scikitlearn.org**, 2017. Disponível em: <http://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.ensemble.RandomForestClassifier.html>. Acesso em: 10 set. 2017.

UCHOA, J. Q. **Algoritmos imunoinspirados [...]**. 2009. 279 p. Tese (Doutorado em Bioinformática) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

REDES NEURAIS ARTIFICIAIS APLICADAS NA PREVISÃO DE COMPORTAMENTO DO MERCADO DE AÇÕES

[1]**Morais, Flávio Lopes de** (flavio@dgti.ufla.br), [2]**Lacerda, Wilian Soares** (lacerda@dcc.ufla.br)

[1]**Universidade Federal de Lavras -** Diretoria de Gestão e Tecnologia da Informação
[2]**Universidade Federal de Lavras -** Departamento de Ciência da Computação
Caixa Postal 3037, Campus Universitário, Lavras, Minas Gerais, CEP 37200-000

RESUMO: Ações representam parte do capital próprio de uma corporação, e são negociadas majoritariamente em bolsas de valores por meio do processo denominado distribuição secundária. Diante da possibilidade de ganhos financeiros decorrentes da oscilação constante nos preços de ativos acionários, atividades especulativas constituem prática comum neste mercado, levando a um ambiente altamente competitivo. No intuito de fornecer um método para auxílio à tomada de decisão em operações de médio prazo, neste trabalho foi proposto um modelo utilizando Redes Neurais Artificiais para previsão de comportamento de ativos do mercado de ações, tendo como base 8 sinais gerados por indicadores técnicos. A previsão da variação de preço da ação foi classificada em três grupos: (1) negativa, (2) positiva e (3) neutra, sendo o percentual de variação no horizonte de 5 dias configurado para 2%. Para teste e avaliação do sistema proposto, foram utilizados os valores históricos das ações VALE PNA da BM&BOVESPA. O modelo proposto apresentou um desempenho de 51,3%, 43,1% e 34,4% para as classes 1, 2 e 3 respectivamente, o que é considerado um resultado bom tratando-se de um problema de previsão no mercado de ações. Pretende-se futuramente melhorar o desempenho acrescentando novos parâmetros de entrada e utilizando metodologias híbridas.

Palavras Chave: mercado de ações; redes neurais artificiais; previsão.

ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS APPLIED IN THE FORECAST FOR BEHAVIOR OF THE STOCK MARKET

ABSTRACT: Shares are part of a corporation's equity, and are traded mostly on stock exchanges through the so-called secondary distribution process. Faced with the possibility of financial gains arising from the constant oscillation in the prices of shares assets, speculative activities are common practice in this market, leading to a highly competitive environment. In order to provide a method to aid decision making in medium term operations, in this work a model was proposed using Artificial Neural Networks to predict the behavior of stock market assets, based on signals generated by 8 technical indicators. The forecast of the share price variation was classified into three groups: (1) negative, (2) positive and (3) neutral, with the percentage of variation in the horizon of 5 days set to 2%. For the test and evaluation of the proposed system, the historical values of the shares VALE PNA from BM&BOVESPA were used. The proposed model presented a performance of 51.3%, 43.1% and 34.4% for classes 1, 2 and 3 respectively, which is considered a good result when dealing with a forecasting problem in the stock market . In the future it is intended to improve performance by adding new input parameters and using hybrid methodologies.

Keywords: stock market; artificial neural networks; prediction.

1. INTRODUÇÃO

Ações correspondem a parte do capital próprio de uma empresa (TEWELES e BRADLEY, 1998), e são geralmente negociadas em bolsas de valores por meio do processo denominado distribuição secundária. A oscilação nos preços das ações, desde muito tempo (NELSON, 1912), tem atraído a atenção de especuladores, que buscam identificar e explorar oportunidades de lucro decorrentes das possíveis movimentações futuras destes ativos.

A complexidade envolvida no processo de tomada de decisão em operações no mercado de ações tem evidenciado a importância da utilização de métodos que auxiliem na previsão de comportamento de ativos deste mercado (ATSALAKIS *et al*. 2011; AGRAWAL *et al*. 2010; IJEGWA *et al.* 2014). A previsão, com certo grau de confiança, da movimentação de ativos do mercado acionário mostra-se desafiadora, visto que as informações sobre a motivação de tais movimentos são vagas e incompletas (AGRAWAL *et al*. 2010). De acordo com HASSAN *et al*. (2013), devido à característica dinâmica e volátil deste mercado, é notória a necessidade de construção de sistemas adaptativos de análise e previsão.

Modelos estatísticos têm sido utilizados a bastante tempo para previsão de mercados (ATSALAKIS *et al*. 2011). No entanto, nos últimos anos, a utilização de técnicas de inteligência computacional tem se mostrado mais eficiente na previsão de séries temporais e de comportamento do mercado acionário (ATSALAKIS *et al*. 2011; BOYACIOGLU e AVCI 2010; SUGUMAR *et al*. 2015). Técnicas baseadas na utilização de Redes Neurais Artificiais (RNAs) (SUGUMAR *et al*. 2015; TICKNOR 2013; GURESEN *et al*. 2011; MO e WANG 2013), sistemas fuzzy, neuro-fuzzy (ATSALAKIS *et al*. 2011; SUGUMAR *et al*. 2015; ESFAHANIPOUR e AGHAMIRI 2010; ANSARI *et al*. 2010) e computação evolucionária (HU *et al*. 2015) têm se destacado neste ponto.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo o desenvolvimento e avaliação de um modelo baseado em RNAs para auxílio na identificação, surgimento, continuidade ou reversão de tendências de médio prazo, em movimentos de ativos do mercado de ações.

2. METODOLOGIA

Assim como relatado em SCHÖNEBURG (1990), neste trabalho o comportamento do movimento de um ativo não é tido como uma série temporal completamente caótica. Ou seja, considera-se que dados históricos do próprio mercado contribuem, ao menos em parte, para a formação de tendências futuras. Desta forma, este trabalho alinha-se ao conceito abordado pela Escola Clássica de Análise Técnica (EDWARDS *et al*. 2007).

O ativo utilizado para análise neste trabalho foi o VALE5 (VALE PNA). VALE5 é o código na Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros (BM&BOVESPA) das ações do tipo preferencial classe A, da empresa Vale S/A. Este ativo foi selecionado por se tratar de um dos mais negociados na BM&BOVESPA, além de ser menos susceptível a variações decorrentes de eventos políticos, já que é controlada apenas pela iniciativa privada.

O período selecionado para análise compreende de 01/01/2003 a 01/03/2016, o que resulta em 3169 registros após remoção de finais de semana e feriados. Os dados foram obtidos a partir do Yahoo Finance (http://finance.yahoo.com/), contendo as seguintes informações:

- **Date:** Data contendo dia, mês e ano;
- **Open:** Valor de abertura do ativo no dia;
- **High:** Valor máximo alcançado pelo ativo no dia;
- **Low:** Valor mínimo alcançado pelo ativo no dia;
- **Close:** Valor de fechamento do ativo no dia;
- **Volume:** Quantidade de ativos negociados no dia.

Foi utilizada a técnica de Redes Neurais Artificiais (RNAs) para realizar a previsão da ação escolhida da BM&BOVESPA. Uma RNA do tipo *feedforward* foi treinada com o algoritmo de aprendizado supervisionado *Scaled Conjugate Gradient Backpropagation* (SCGB) no Matlab®. Foi utilizada uma rede neural com 3 camadas, sendo uma intermediária com 10 neurônios e função de transferência do tipo Tangente Hiperbólica, e uma camada de saída com 3 neurônios e função de transferência do tipo *softmax* (MATHWORKS 2017).

Como entrada da rede foram utilizados indicadores técnicos extraídos das movimentações diárias do ativo analisado: VALE5. Ao todo foram computados 8 indicadores, os quais resultaram em 12 valores. Os indicadores utilizados foram:

- **Aroon:** É um indicador que auxilia na identificação de potencial formação e consolidação de tendências, bem como a identificação de reversões. Gera dois valores de saída: (i) *Aroon Up* e (ii) *Aroon Down*;
- **SAR Parabolic:** O indicador *Stop And Reverse Parabolic* auxilia na identificação de surgimento e continuidade de tendências. Gera um valor de saída;
- **MACD:** *Moving Average Convergence Divergence* é um indicador que auxilia na descoberta, surgimento, continuidade e finalização de tendências. Gera dois valores de saída: (i) linha de sinal e (ii) linha MACD;
- **Bollinger Bands:** É um indicador que auxilia na identificação de períodos de alta ou baixa volatilidade, bem como a identificação de períodos onde os preços se encontram em níveis extremos. Esse indicador possui como saída três valores: (i) banda superior, (ii) banda central e (iii) banda inferior;
- **RSI:** *Relative Strength Index* ou Índice de Força Relativa (IFR), é um indicador que mede a evolução da relação de forças entre compradores e vendedores ao longo do tempo. Possui um valor de saída;
- **OBV:** O indicador *On Balance Volume* auxilia na identificação da força de uma tendência, seja ela de alta ou de baixa. Esse indicador funciona através do saldo acumulado do volume de movimentação financeira. Gera um valor de saída;
- **Ema9-21:** Indicador formado a partir de duas médias móveis exponenciais, uma de 9 e outra de 21 períodos. Auxilia na identificação de surgimento, continuidade e finalização de tendências. Possui como saída as duas médias.

Foi efetuado um pré-processamento dos dados de cotações diárias para classificação de acordo com a taxa de variação da cotação de fechamento em um horizonte estipulado. Assim, foi considerado um horizonte favorável para uma operação do tipo *Swing-Trade* de 5 dias com a definição de três classes:

- Classe 1: Variação negativa inferior a -2%;
- Classe 2: Variação positiva maior que 2%;
- Classe 3: Variação no intervalo fechado entre -2% e 2%.

Os critérios de parada utilizados para o treinamento da RNA foram:

- **Epochs:** 1000;
- **Goal:** 0;
- **Max_Fail:** 6.

onde: *Epochs* especifica a quantidade máxima de épocas de treinamento; *Goal* indica o objetivo de desempenho para o Erro Médio Quadrático (EMQ) sobre os dados de validação; e *Max_Fail* define a quantidade limite de épocas em busca de um menor EMQ sobre os dados de validação.

Para o treinamento com o algoritmo SCGB, o parâmetro *divideFcn* foi configurado para o modo *dividerand*. Desta maneira o algoritmo de treinamento dividiu aleatoriamente a base de dados na seguinte proporção (valores *default* para o Matlab®):

- **trainRatio** = 0.7: 70% para o treinamento, 2219 amostras ;
- **valRatio** = 0.15: 15% para o validação durante o treinamento, 475 amostras;
- **testRatio** = 0.15: 15% para o teste após treinamento, 475 amostras;

3. RESULTADOS

Uma rede neural requer valores iniciais para os pesos e *bias* (BEALE *et al*. 1992), e a escolha de valores diferentes a cada novo treinamento altera o desempenho final. Desta forma, como estes valores são selecionados de forma aleatória, o experimento foi executado 10 vezes. A Tabela 1 apresenta o EMQ da rede neural tanto para a base de treinamento quanto para a base de teste, para cada uma das execuções, e ao final é apresentada a média e desvio padrão. Foram destacados na Tabela 1 os piores e melhores desempenhos alcançados. Em geral, o EMQ foi baixo com desvio padrão praticamente nulo.

Tabela 1: EMQ com as execuções da rede neural treinada com o algoritmo SCGB.

Execução	Treinamento	Teste
01	0,2165	**0,2151**
02	**0,2197**	0,2201
03	0,2171	0,2153
04	0,2184	0,2201
05	0,2185	0,2158
06	**0,2152**	0,2172
07	0,2167	0,2187
08	0,2172	**0,2227**
09	0,2161	0,2185
10	0,2158	0,2212
Média:	0,2171	0,2185
Desvio padrão:	0,0013	0,0026

A Figura 1 mostra o gráfico de desempenho do treinamento da melhor rede neural obtida. Como pode ser observado, o treinamento foi encerrado na época 25, onde o critério de parada *Max_Fail* foi atingido, sendo que a melhor generalização sobre os dados de validação foi alcançada na época 19, ponto demarcado pelo círculo verde. Já a Figura 2 mostra o decréscimo do gradiente durante a evolução do treinamento, além das verificações consecutivas do critério *Max_Fail*.

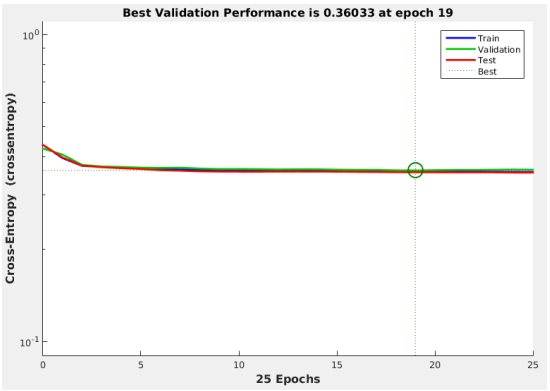


Figura 1. Evolução do EMQ.

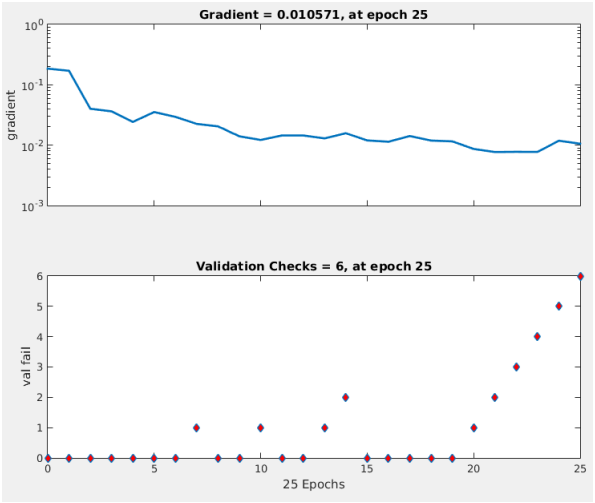


Figura 2. Decréscimo do gradiente e validação.

A Figura 3 mostra a matriz de confusão para o melhor desempenho alcançado pela metodologia proposta para os dados de teste. A matriz de confusão exibe, através das células na cor verde na diagonal, a quantidade de amostras e percentual de acertos na classificação estimada pelo modelo (MATHWORKS 2017). As células em vermelho, fora da

diagonal, mostram onde o modelo cometeu enganos na classificação em valores absolutos e porcentagem. A coluna mais à direita (resultados reais) e a linha mais abaixo (resultados previstos) mostram a precisão para cada classe (verde é a porcentagem de acertos e vermelho é a porcentagem de erros). A célula em azul, no canto direito abaixo, mostra o desempenho geral em acertos (verde) e erros (vermelho) percentualmente. Assim, o método proposto apresentou um índice de acertos de 51.3%, 43.1% e 34.4% para as classes 1, 2 e 3 respectivamente, e um índice de acertos geral de 42,9%. Este resultado é considerado bom quando comparado com outros resultados encontrados na literatura para previsão em mercado de ações (HASSAN *et al*. 2013; IJEGWA *et al*. 2014; SUGUMAR *et al*. 2014);

A Figura 4 mostra o gráfico *Receiver Operating Characteristic* (ROC), ou Característica de Operação do Receptor (COR), utilizado para avaliar a qualidade de classificação para o melhor desempenho alcançado pela estratégia proposta. Quanto mais à esquerda da linha reta estiver a curva, melhor é considerado o classificador, pois gera menos falsos positivos.

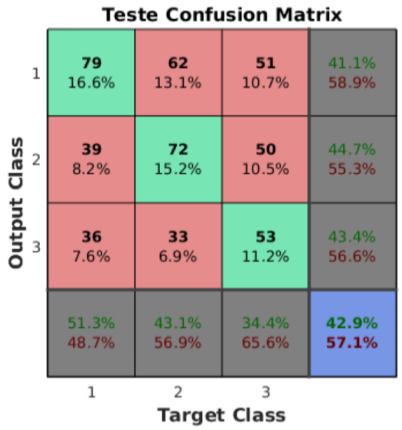


Figura 3. Matriz de confusão.

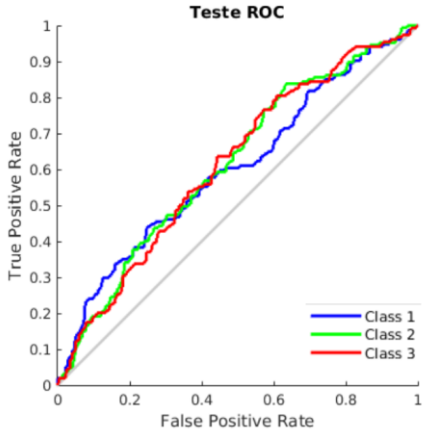


Figura 4. Curva COR para a melhor RNA.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi proposto um modelo baseado em Redes Neurais Artificiais para previsão de continuidade, surgimento e reversão de tendências na movimentação de preços de ativos do mercado acionário. 8 indicadores técnicos, extraídos das movimentações diárias do ativo analisado (VALE5), foram utilizados como dados de treinamento para a RNA. A estratégia para o treinamento da rede neural foi com o algoritmo *Scaled Conjugate Gradient Backpropagation*. Os resultados mostraram que o método proposto apresentou desempenho preditivo adequado comprovando a viabilidade do emprego de indicadores técnicos na previsão de comportamento de ativos do mercado de ações. Apesar do desempenho geral de previsão (42,9%) ser baixo, é coerente com o encontrado na literatura para este tipo de problema, o que indica a sua complexidade. Trabalhos futuros serão direcionados à melhoria do método com mais outras variáveis de entrada e utilizando outros paradigmas de inteligência computacional.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRAWAL, S.; JINDAL, M.; PILLAI, G. Momentum analysis based stock market prediction using adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS). In: INT. MULTICONF. OF ENG. AND COMPUTER SCIENTISTS, 2010, Hong Kong. **Anais**.... Hong Kong: vol. I, 2010. 6 p.

ANSARI, T.; KUMAR, M.; SHUKLA, A.; DHAR, J.; TIWARI, R. Sequential combination of statistics, econometrics and adaptive neural-fuzzy interface for stock market prediction. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 7, p. 5116–5125, 2010.

ATSALAKIS, G. S.; DIMITRAKALIS, E. M.; ZOPOUNIDIS, C. D. Elliott wave theory and neuro-fuzzy systems, in stock market prediction: The wasp system. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 8, p. 9196–9206, 2011.

BEALE, M.; HAGAN, M. T.; DEMUTH, H. B. **Neural Network Toolbox: User´s Guide.** Version 4. USA: Math Works, 1992, 846 p.

BOYACIOGLU, M. A.; AVCI, D. An adaptive network-based fuzzy inference system (ANFIS) for the prediction of stock market return: the case of the istanbul stock exchange. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 12, p. 7908–7912, 2010.

EDWARDS, R. D.; MAGEE, J.; BASSETTI, W. H. C. **Technical analysis of stock trends**. 9th ed. USA: AMACOM, 2007. 840 p.

ESFAHANIPOUR, A.; AGHAMIRI, W. Adapted neuro-fuzzy inference system on indirect approach tsk fuzzy rule base for stock market analysis. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 7, p. 4742–4748, 2010.

GURESEN, E.; KAYAKUTLU, G.; DAIM, T. U. Using artificial neural network models in stock market index prediction. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 8, p. 10389–10397, 2011.

HASSAN, M. R.; RAMAMOHANARAO, K.; KAMRUZZAMAN, J.; RAHMAN, M.; HOSSAIN, M. M. A HMM-based adaptive fuzzy inference system for stock market forecasting**. Neurocomputing**, v. 104, p. 10–25, 2013.

HU, Y.; FENG, B.; ZHANG, X.; NGAI, E. W. T.; LIU, M. Stock trading rule discovery with an evolutionary trend following model. **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 1, p. 212–222, 2015.

IJEGWA, A. D.; REBECCA, V. O.; OLUSEGUN, F.; ISAAC, O. O. (2014). A predictive stock market technical analysis using fuzzy logic. **Computer and Information Science**, v. 7, n. 3, 2014.

MATHWORKS. **Matlab® documentation**. Disponível em: <https://www.mathworks.com/help/nnet/ref/trainlm.html>. Acesso em: 10 out.2017.

MO, H.; WANG, J. Volatility degree forecasting of stock market by stochastic time strength neural network. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2013, 2013.

NELSON, S. **The ABC of stock speculation**. Volume 5. New York: The Country Life Press, Garden City, 1912, 232 p.

SCHÖNEBURG, E. Stock price prediction using neural networks: A project report. **Neurocomputing**, v. 2, n. 1, p. 17–27, 1990.

SUGUMAR, R.; RENGARAJAN, A.; JAYAKUMAR, C. A technique to stock market prediction using fuzzy clustering and artificial neural networks. **Computing and Informatics**, v. 33, n. 5, p. 992–1024, 2014.

TEWELES, R. J.; BRADLEY, E. S. **The Stock Market.** 7th ed. USA: John Wiley & Sons Inc., 1998, 576 p.

TICKNOR, J. L. A bayesian regularized artificial neural network for stock market forecasting. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 14, p. 5501–5506, 2013.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

Área:

Engenharia Agrícola

ESTUDO DA CORRELAÇÃO ENTRE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE OBTIDA POR SENSOR COMERCIAL E O TEOR DE ARGILA AMOSTRADO EM UM SOLO AGRÍCOLA

[1]**GOMES, AMANDA PEREIRA ASSIS** (amandapag@hotmail.com), [2]**FERRAZ, GABRIEL ARAÚJO E SILVA** (gabriel.ferraz@deg.ufla.br), [3]**VILELA, ALYSSON VINÍCIO MARTINS** (alyssonvilela92@hotmail.com), [4]**INÁCIO, FRANKLIN DANIEL** (franklin.d-Inacio@hotmail.com), [5]**REYNALDO, ÉTORE FRANCISCO** (etfreynaldo@yahoo.com.br)

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: A Agricultura de Precisão cada vez mais vem ganhando maior destaque, uma vez que esta possibilita o uso de técnicas mais acuradas na agricultura. A utilização sensores móveis para mapeamento da condutividade elétrica aparente (CE_a) do solo juntamente com as técnicas de mapeamento do mesmo, permitem uma melhor compreensão da variabilidade espacial do solo. Assim, este estudo teve como objetivo utilizar um sensor comercial para coleta da Condutividade Elétrica Aparente do solo de forma a relaciona-la com o teor de argila obtido através da amostragem convencional do solo. O presente estudo foi realizado na área experimental quatro da fazenda Cupim localizada no estado do Paraná. Esta área foi subdividida em cinco zonas de manejo. Em cada uma das zonas de manejo foram obtidas uma amostra composta de solo para que fossem enviadas ao laboratório para a obtenção dos teores de argila de cada zona. A condutividade elétrica aparente foi obtida por meio de um sensor móvel de contato tracionado por um trator, o qual realizou amostragens em pontos georreferenciados na área em estudo. Assim, obteve-se um valor médio de CE_a para cada zona de manejo. Através dos resultados amostrais foi realizada a correlação de Pearson entre a variável CE_a e teor de argila no solo, obtendo-se uma forte correlação entre as variáveis. Desta forma, a análise possibilitou ressaltar a eficiência do sensor.

Palavras Chave: Sensor móvel de contato; Correlação de Pearson; Zonas de manejo

STUDY OF CORRELATION BETWEEN ELECTRICAL CONDUCTIVITY APARENT OBTAINED BY COMMERCIAL SENSOR AND THE CLAY CONTENT SAMPLED ON AGRICULTURAL SOIL

ABSTRACT: Precision agriculture is increasingly gaining more prominent, because its allows the use of more accurate techniques in agriculture. The use of mobile sensors for mapping the electrical conductivity aparent (EC_a) of the soil combined with the mapping techniques allow to understanding better the spatial variability of the soil. This study aimed to use a commercial sensor to collect the electrical conductivity aparent of the soil in order to relate it with the clay content obtained by conventional soil sampling. This study was conducted in experimental area four of the Cupim farm in Paraná state. This area was divided into five management zones. In each of the management zones was obtained a soil sample that have been sent to the laboratory to obtain the clay content of each zone. The electrical conductivity aparent was measured by a mobile contact sensor pulled by a tractor, which samples was held in georeferenced points in this studied area. Thus, there was obtained a mean value of EC_a for each management area. Through the sampling results was performed Pearson correlation between EC and clay content in the soil, giving a strong correlation between variables. Thus, the analysis made possible to highlight the sensor efficiency.

Keywords: Mobile Contact Sensor; Pearson Correlation; Management Zones

1. INTRODUÇÃO

A rotação de culturas tem sido muito utilizada atualmente. Essa técnica ajuda no controle de plantas daninhas e pragas, já que numa mesma área é cultivado mais de um tipo de cultura, além de repor nutrientes do solo e conservar o espaço cultivado.

Grandes produtividades estão associadas a usos excessivos de insumos (Molin et al., 2011), e a Agricultura de Precisão através da determinação da variabilidade espacial e temporal da cultura, do solo, e de seus atributos visa diminuir a quantidade de insumos utilizados na lavoura, permitindo a diminuição de custos e aumento da produtividade (Celinski e Zimback, 2010).

O uso de sensores móveis que proporcionam o mapeamento da condutividade elétrica aparente (CE_a) do solo associados ao Sistema de Posicionamento Global (GPS) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), possibilitam uma amostragem rápida e uma melhor compreensão da variabilidade espacial do solo, que pode melhorar a tomada de decisões na lavoura (Fulton et al., 2011).

Como a disponibilidade de sensores de campo que fazem o mapeamento da condutividade elétrica aparente do solo vem aumentando, desta forma este trabalho teve como objetivo utilizar o sensor móvel de contato para determinação da condutividade elétrica aparente do solo e relacionar com os teores de argila amostrado no solo de forma convencional.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental quatro (Figura 1), localizada nas coordenadas 25°32’58,64” S e 51°35’17,16” O de Greenwich da Fazenda Cupim, que situa-se no município de Guarapuava no estado do Paraná.

Figura 1. Área Experimental Quatro da Fazenda Cupim, Município de Guarapuava- PR.

A fazenda possui cerca de 522,77ha divididos de forma heterogênea entre diferentes talhões. O talhão em estudo possui 66,14 ha e está cultivado sob o sistema de rotação de culturas. Este talhão foi ainda, dividido em cinco zonas de manejo. Nesta área foram amostrados o teor de argila no solo e a condutividade elétrica aparente do solo.

Para obtenção dos teores de argila, em cada zona de manejo da área foram obtidas 10 subamostras por meio de um trado holandês. Estas subamostras foram homogeneizadas para formação de uma amostra composta representativa de cada uma das zonas de manejo. As amostras homogeneizadas foram enviadas à um laboratório de análise de propriedades químicas e físicas do solo.

Os dados de condutividade elétrica aparente do solo foram obtidos por meio de um sensor móvel de contato tracionado por um trator que percorreu toda a área obtendo amostras na profundidade de 0 a 30 cm em pontos georreferenciados. Os dados foram divididos em cada zona amostral de modo a obter uma média representativa de cada uma das zonas de manejo.

Para realização do estudo entre a correlação entre a condutividade elétrica aparente do solo e o teor de argila foi utilizada a correlação de Pearson obtida pelo software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016)

3. RESULTADOS E DISCUSÃO

Os resultados de CE_a obtidos com o sensor móvel de contato na profundidade de 0 a 30 cm, variaram de 3,89 a 19,25mS m-1, e os teores de argila alcançados variaram de 58,7 a 69,1% (Tabela 1). Ainda, pala observação da Tabela 1 pode-se destacar os valores do desvio padrão alcançados através da análise descritiva, mostrando que os teores de argila não se dispersaram muito da média, porém os valores da condutividade elétrica aparente se dispersaram razoavelmente da média, comparando com os valores de mínimo e máximo está claro a variabilidade dos dados de condutividade elétrica aparente.

Tabela 1. Análise Estatística Descritiva.

	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio padrão
Teor de Argila (%)	62,1	61,2	69,1	58,7	3,6916
CE_a (mS m-1)	9,521	8,15	19,245	3,89	5,2056

Os resultados obtidos pela correlação de Pearson podem ser observados na Tabela 2. Para Hinkle et al. (2003) os valores de correlação variando de 0 a 0,3 são considerados desprezíveis, de 0,3 a 0,5 uma correlação fraca; de 0,5 a 0,7 moderada; de 0,7 a 0,9 forte e de 0,9 a 1,0 muito forte. Sendo assim, observando-se a Tabela 2 pode-se inferir que foi obtida uma correlação muito forte, já que foi obtido um coeficiente de 0,9825.

Tabela 2. Matriz de Correlação.

CE_a	Argila
CE_a	1
Argila	0,9825

Na Figura 2 está a representação da variação do teor de argila comparada a variação condutividade elétrica aparente do solo. Dada a variação da condutividade elétrica aparente em uma unidade de mS m-1, o teor de argila aumenta em média 0,6968 %, e quando a condutividade elétrica aparente apresentar um valor nulo, o solo terá um teor de argila de aproximadamente 55,466%. Assim com a equação presente na Figura 2, é possível estimar o teor de argila em função da Condutividade Elétrica Aparente obtida pelo sensor em estudo.

Com os resultados apresentados pode-se ressaltar a correlação entre as variáveis analisadas.

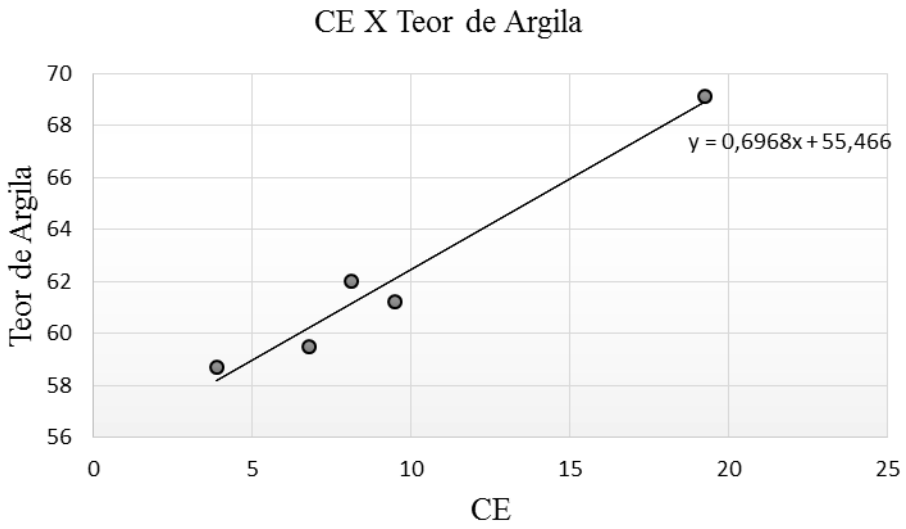


Figura 2. Condutividade Elétrica Aparente versus Teor de Argila.

4. CONCLUSÃO

Por meio da metodologia utilizada foi possível determinar e relacionar a condutividade elétrica aparente e o teor de argila do solo, obtendo uma correlação forte entre elas, com isso, podemos destacar a importância e a eficiência do uso de sensores móveis para a determinação da condutividade elétrica aparente do solo e sua relação com o teor de argila presente no mesmo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA), a Universidade Federal de Lavras (UFLA), a FAPEMIG, a CAPES, o SISU/MEC e ao CNPq pelo apoio à realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CELINSKI, Victor George; ZIMBACK, Célia Regina Lopes. **Avaliação de um sensor de capacitância elétrica e sua correlação com atributos do solo.** Energia na Agricultura, v. 25, n. 2, p. 157-170, 2010.

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Brito; SILVA JUNIOR, José Alexandre. **Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r).** Revista Política Hoje, v. 18, n. 1, 2010.

FULTON, Allan et al. **Using EM and VERIS technology to assess land suitability for orchard and vineyard development.** Irrigation Science, v. 29, n. 6, p. 497-512, 2011.

HINKLE D. E., WIERSMA W. e JURS S. G. **Applied Statistics for the Behavioral Sciences.** 5th ed. Boston: Houghton Mifflin. 2003.

MOLIN, JOSÉ P. et al. **Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo.** Engenharia Agrícola, v. 31, n. 1, p. 90-101, 2011.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2016). R: **A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL: http://www.R-project.org. Acesso em 18 de março de 2016.

VANNI, Sergio Marcos. Modelos de Regressão: **Estatística Aplicada**. Legmar Informática & Editora, 1998.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

ANÁLISE DOS NÍVEIS DE MATERIAIS PARTICULADOS DE UM MOTOR DIESEL UTILIZANDO MISTURAS DE DIESEL E BIODIESEL DE ÓLEO DE MACAÚBA

[1]**Barbosa, Ronald Leite** (ronald.leite@ifmg.edu.br), [2]**Volpato, Carlos Eduardo Silva** (volpato@deg.ufla.br), [2]**Neto, Pedro Castro** (pedrocn@deg.ufla.br), [2]**Alonso, Diego José Carvalho** (deg@deg.ufla.br)

[1]**Instituto Federal de Minas Gerais** – Departamento de Mecânica – Campus Betim
Rua Itaguaçu, 595, Bairro São Caetano, Betim, Minas Gerais. Cep 32677562
[2]**Universidade Federal de Lavras** – Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Universitário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200000

RESUMO: As características de combustão e de emissões de exaustão de um motor Diesel são afetadas pelas características do spray de combustível e de atomização como também pelas propriedades do combustível. O objetivo desse trabalho foi avaliar os níveis de emissões de materiais particulados de um motor diesel alimentado, em momentos distintos, com diesel mineral comercial (B7) e misturas deste com o biodiesel de óleo de macaúba nas proporções equivalentes a (B7+20) - 80% de diesel B7 e 20% de biodiesel, (B7+50) - 50% de diesel B7 e 50% de biodiesel, (B7+80) - 20% de diesel B7 e 80% de biodiesel e (B100) - 100% de biodiesel. Para a realização dos ensaios, foi utilizado um motor AGCO Sisu Power 420DS de um trator Valtra A950 com potência máxima de 90 cv (66,2 kW) a 2200 rpm e torque máximo de 330 Nm a 1400 rpm. A metodologia estabelecida pela norma NBR 13037/1993 - Veículos rodoviários automotores - Gás de escapamento emitido por motor Diesel em aceleração livre – Determinação da opacidade foi utilizada para a execução dos ensaios. Concluiu-se que os valores de materiais particulados diminuíram à medida que se aumentou a proporção de biodiesel na mistura combustível, exceto quando se utilizou (B100).Todos valores foram inferiores a 0,1 m^{-1}, muito abaixo do limite máximo de 2,3 m^{-1} determinado pela Portaria 38 do DENATRAN de 01 de Abril de 2014.

Palavras Chave: biodiesel, óleo de macaúba, materiais particulados, opacidade

ANALISYS OF PARTICULATE MATTER LEVELS OF A DIESEL ENGINE USING DIESEL AND MACAW PALM OIL BIODIESEL BLENDS

ABSTRACT: The combustion and exhaust emission characteristics of a Diesel engine are affected by the characteristics of the fuel spray and atomization as well as the properties of the fuel. The objective of this work was to evaluate the emission levels of particulate matter from a diesel engine fueled, at different times, with commercial diesel (B7) and mixtures of it with macaw palm oil biodiesel in proportions equivalent to (B7 + 20) - 80% B7 diesel and 20% Biodiesel, (B7 + 50) - 50% B7 diesel and 50% biodiesel, (B7 + 80) - 20% B7 diesel and 80% biodiesel and (B100) - 100 % biodiesel. In order to perform the tests, a 420DS AGCO Sisu Power engine of an A950 Valtra tractor with a maximum power of 90 hp (66,2 kW) at 2200 rpm and maximum torque of 330 Nm at 1400 rpm was used. The methodology established by the NBR 13037/1993 standard - Road vehicles - Exhaust gas emitted by diesel engine in free acceleration - Determination of the opacity was used for the execution of the tests. It was concluded that the particulate matter values decreased as the proportion of biodiesel in the fuel mixture increased, except when it was used (B100). All values were less than 0.1 m^{-1}, below the maximum limit of 2,3 m^{-1} determined by the 38 DENATRAN Ordinance of April 1,2014.

Keywords: biodiesel, macaw palm oil, particulate matter, opacity.

1. INTRODUÇÃO

Um benefício de grande destaque para a sociedade, resultante da ampliação do uso do biodiesel, é o efeito positivo sobre o meio ambiente, acarretando a diminuição das principais emissões veiculares em comparação ao diesel derivado de petróleo (ANP, 2010).

Uma fonte com grande potencial para a produção de biodiesel é o óleo de macaúba. Almeida et al. (2011), citando Lorenzi et al. (2006) descreve que a macaúba pertence à família Arecaceae, a espécie Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart e afirma que o produto economicamente mais expressivo desta palmeira é o fruto..

A Figura 1 mostra uma palmeira de Macaúba com seus frutos em forma de coco.

Figura 1 Palmeira Macaúba (*Acrocomia aculeata (Jacq) Lodd ex Mart*)
Fonte: GOOGLE (2015)

Os frutos são formados por cerca de 20% de casca, 40% de polpa, 33% de endocarpo e 7% de amêndoa e devem ser processados imediatamente após a colheita, pois se degradam rapidamente, aumentando a acidez e prejudicando a produção de biocombustível. Os teores de óleo são em torno de 60% na polpa e de 55% na amêndoa. Da amêndoa é retirado um óleo fino que representa aproximadamente 15% do total de óleo da planta, rico em ácido láurico (44%) e oléico (26%) (EMBRAPA, 2011; EMBRAPA AGROENERGIA, 2011).

O óleo da polpa de macaúba, com maior potencial para a fabricação de biodiesel, possui um acentuado grau de insaturação cuja composição em ácidos graxos o consagra entre os óleos de alta qualidade para fins comestíveis, principalmente em razão do alto teor de ácido oléico (53%) e palmítico (19%). (NOVAES, 1952; HIANE, 2005; SZPIZ et al.,1989).

2. METODOLOGIA

Os ensaios foram conduzidos utilizando-se um motor diesel AGCO Sisu Power 420DS, potência máxima de 90 cv (66,2 kW) a 2200 rpm, torque máximo de 330 N.m a 1400 rpm, 4400 cm^3, 4 cilindros, turbo aspirado, bomba rotativa e injeção direta de um trator Valtra A950 (Figura 2).

Figura 2 Trator Valtra A950 utilizado nos ensaios experimentais.

A alimentação do motor se deu em etapas distintas, sendo primeiramente utilizado o diesel mineral (B7) e, posteriormente, misturas deste diesel com biodiesel de óleo de macaúba nas proporções (B7+20), (B7+50), (B7+80) e (B100).

A determinação das características físico-químicas dos combustíveis utilizados (Tabela 1) foi executada pelo Laboratório de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel da Universidade Federal de Lavras e pelo Laboratório de Ensino de Físico-química do Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais.

Tabela 1 Características Físico-Químicas dos combustíveis

Combustível	Massa Específica (Kg/$m^{3)}$	Viscosidade dinâmica (Pa s) a 40º C	Viscosidade cinemática (m^2/s)	Poder calorífico superior (kJ/kg)	Poder calorífico inferior (kJ/kg)	Acidez (mg de NaOH/ g)	Índice de Iodo
Diesel (B7)	0,85246	$3,48 \times 10^{-3}$	$4,08 \times 10^{-6}$	46500	43900	0,0673	58,6750
(B7+20)	0,82478	$3,88 \times 10^{-3}$	$4,70 \times 10^{-6}$	43200	40700	0,0574	47,8088
(B7+50)	0,83664	$4,66 \times 10^{-3}$	$5,57 \times 10^{-6}$	41000	38500	0,0385	64,1621
(B7+80)	0,85850	$6,17 \times 10^{-3}$	$7,19 \times 10^{-6}$	39900	37400	0,0386	86,2174
(B100)	0,8763	$7,77 \times 10^{-3}$	$8,87 \times 10^{-6}$	39400	36800	0,0580	66,2225

Para as medições da opacidade da fumaça, foi utilizado um Opacímetro Discovery OPA 495 ALFATEST (Figura 3).

Figura 3 Opacímetro Discovery OPA 495 ALFATEST

A norma adotada para a execução dos ensaios foi a NBR 13037/1993 - Veículos rodoviários automotores - Gás de escapamento emitido por motor Diesel em aceleração livre – Determinação da opacidade.

De acordo com a Portaria 38 de 01 de Abril de 2014 do DENATRAN (BRASIL, 2014), para veículos automotores do ciclo Diesel que não tiverem seus limites máximos de opacidade em aceleração livre divulgados pelo fabricante, tais limites são de 2,8 m^{-1} para veículos ano-modelo 1996-1999 e de 2,3 m^{-1} para veículos ano-modelo 2000 e posteriores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A opacidade, conforme Tabela 2, diminui à medida que aumenta a proporção de biodiesel na mistura combustível em relação ao diesel mineral comercial, sendo a redução de 40% com B50 e B80 e de 30% com B100 em relação ao diesel mineral comercial.

Estudos realizados por Maziero et al. (2006) obtiveram 41% de redução dos materiais particulados quando usaram biodiesel. Gokalp et al. (2011) obervaram uma redução de 62% ao utilizar B50 e de 74% ao utilizar B100. Aydin & Bayindir (2010) observaram uma redução significativa de fumaça quando se utilizou B20 e B50 em médias velocidades do motor. Isso pode ser devido à combustão estável e completa dessas misturas combustíveis. Com B75 e B100, devido as mais altas massas específicas e viscosidade, resultaram em maior emissão de fumaça que quando comparado ao diesel mineral e outras misturas de biodiesel. A alta viscosidade do biodiesel puro prejudica a atomização do combustível e consequentemente, aumenta a quantidade de fumaça de exaustão. De acordo com Liaquat et al. (2011), a fumaça produzida pela combustão incompleta do combustível é resultante do efeito de resfriamento do combustível ou de problemas relacionados à mistura ar/combustível.

Tabela 2 Opacidade dos diferentes combustíveis utilizados. UFLA, LAVRAS/MG, 2016.

Combustível	Opacidade (m^{-1})	Temperatura (^oC)	Tempo máximo de aceleração (s)	Marcha lenta (rpm)	Rotação de corte (rpm)
Diesel (B7)	0,10	70	4,5	800	2500
B7+20	0,08	79	4,5	800	2500
B7+50	0,06	81	4,5	800	2500
B7+80	0,06	78	4,5	800	2500
B100	0,07	76	4,5	800	2500

A figura 4 apresenta graficamente os valores médios de opacidade.

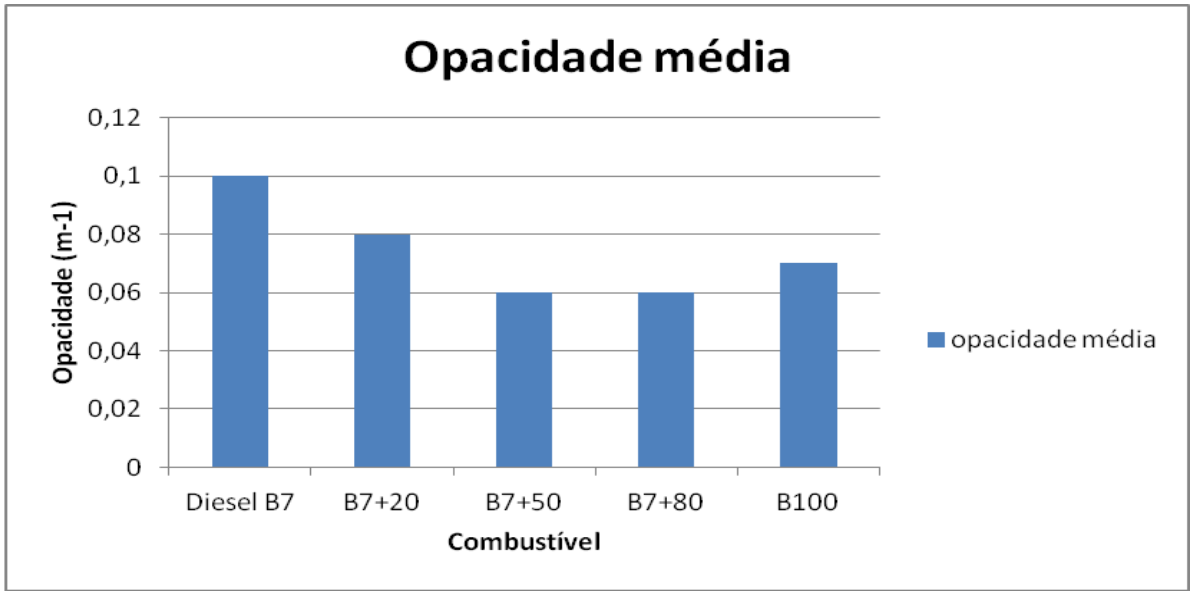


Figura 4 Opacidade média emitida pelo motor do trator sem carga, para os combustíveis utilizados.

4. CONCLUSÕES

Os valores de opacidade diminuíram à medida que se aumentou a proporção de biodiesel na mistura combustível, exceto quando se utilizou (B100) onde apresentou um aumento, sendo esses valores todos inferiores ou iguais a 0,1 m^{-1}. De acordo com a Portaria 38 de 01 de Abril de 2014 do DENATRAN, para veículos automotores do ciclo Diesel que não tiverem seus limites máximos de opacidade em aceleração livre divulgados pelo fabricante, tais limites são de 2,3 m^{-1} para veículos ano-modelo 2000 e posteriores. Portanto, com todas as misturas combustíveis utilizadas durante o experimento, os valores de opacidade foram muito inferiores ao determinado por tal portaria.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO GAS NATURAL E BIO/COMBUSTÍVEIS. Biodiesel: introdução. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acesso em: 10 jan. 2010.

ALMEIDA, D. F. R. et al. Acidez do óleo da semente de macaúba, *Acrocomia aculeata*, em função do tempo e do método de armazenamento. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO, 12., 2011, Montes Claros. **Anais...** Montes Claros: Universidade Estadual de Montes Claros, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 13037**: veículos rodoviários automotores - gás de escapamento emitido por motor diesel em aceleração livre – determinação da opacidade. Rio de Janeiro, 2001. 6 p.

AYDIN, H.; BAYINDIR, H. Performance and emission analysis of cottonseed oil methyl ester in a diesel engine. **Renewable Energy**, Oxford, v. 35, p. 588-592, 2010.

BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito. **Portaria n. 38, de 01 de abril de 2014**. Divulga os limites de emissões de gases e os procedimentos para a fiscalização de veículos do ciclo diesel e do ciclo Otto, motociclos e assemelhados do ciclo Otto, conforme a Resolução CONTRAN n. 452, de 26 de setembro de 2013. Brasília, 2014.15p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA . Macaúba: Matéria-prima nativa com potencial para a produção de biodiesel. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 20 out. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - AGROENERGIA. Macaúba: matéria-prima para o biodiesel. **Prosa Rural.** Disponível em: <www.embrapa.br >. Acesso em: 18 out. 2011.

GOKALP, B.; BUYUKKAYA, E.; SOYHAN, H.S. Performance and emissions of a diesel tractor engine fueled with marine diesel and soybean methyl ester. **Journal Biomass & Bioenergy**, Oxford, v. 35, n. 8, p. 3575-3583, 2011.

GOOGLE. Palmeira Macaúba. Disponível em: <http://google.com.br/>. Acesso em: 20 mar. 2015.

HIANE, P. A. et al. Bocaiúva, *Acrocomia Aculeata* (Jacq.) Lodd. Pulp and Kernel oils: characteristics and fatty acid composition. **Journal Food Technology**, Oxford, v. 8, n. 3, p. 256-259, 2005.

LIAQUAT, A. M. et al. Engine performance and emissions analysis using “Envo Diesel” and Coconut biodiesel blended fuel as alternative fuels. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2., 2011, Singapore. **Anais…**Singapore: ICEST, 2011. p. 168-172.

LORENZI, G. M. A. C. **Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart. – Arecaceae**: bases para o extrativismo sustentável. 2006. 156 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

MAZIERO, J.V.G et al. Avaliação de emissões de poluentes de um motor de ignição por compressão utilizando óleo diesel e éster etílico de óleo de girassol como combustível. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2, 2006, Varginha. **Anais**... Lavras:UFLA, 2006. 1 CD-ROM

NOVAES, R. J. **Contribuição para o estudo do coco macaúba**. 1952. 86 p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1952.
SZPIZ, R. R. et al. **Óleos de macaúba**: uma alternativa para a oleoquímica. Rio de Janeiro: Embrapa CTAA, 1989. v. 14, p. 1-10. (Comunicado Técnico).

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE PINHÃO MANSO

[1]**Andrade, Ednilton T.** (ednilton@deg.ufla.br), [1]**Rezende, Renan P.** (renanprezende@gmail.com), [2]**Brasil, Jacqueline M.** (jbrasil.uff@gmail.com), [2]**Freixo, Neila S.** (neila-saraiva@uol.com.br), [2]**Araujo, Patrícia M.** (engpatty@hotmail.com)

[1]**Universidade Federal de Lavras -** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, CEP 37200-000
[2]**Universidade Federal Fluminense –** Departamento de Engenharia Agrícola
R. Passo da Pátria, 156 - São Domingos, Niterói - RJ, CEP 24210-240

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi determinar as propriedades físicas de grãos de pinhão-manso, tais como: tamanho e forma, massa específica e porosidade dos grãos, e comparar os resultados com os resultados obtidos a partir de modelos matemáticos presentes na literatura. Para a realização das análises experimentais, as amostras apresentavam teores de água de, aproximadamente, 4, 8, 9, 11, 13, 15, 18, 20, 24 e 25% (b.u.). Para determinação do tamanho e forma dos grãos se utilizou das características de esfericidade e circularidade, sendo verificado que a esfericidade variou positivamente com a variação do teor de água, enquanto a circularidade permaneceu aproximadamente constante. Para a massa específica e a porosidade, os resultados obtidos demonstram que a porosidade é diretamente proporcional ao teor de água, até o ponto em que a interação entre a redução do teor de água e a contração volumétrica fazem com que a massa específica volte a aumentar, reduzindo, assim, a porosidade.

Palavras Chave: pinhão-manso; propriedades físicas; grãos.

DETERMINING PHYSICAL PROPERTIES OF JATROPHA CURCAS L. GRAINS

ABSTRACT: The objetive of this study was to determine the physical properties of jatropha grains, such as: size and shape, density, and porosity of the grains, and to compare the results with those obtained from mathematical models available in the literature. To perform the experimental analysis, the samples had moisture levels of approximately 4, 8, 9, 11, 13, 15, 18, 20, 24 and 25% (wb). To determine the size and shape of the grain, it was used sphericity and roundness characteristics, and it was found that the sphericity varied proportionally with the variation of moisture, while the circularity stayed approximately constant. For the density and porosity, the results show that the porosity is directly proportional to the moisture percentage until the point where the interaction between the reduction of the moisture level and the volumetric concentration caused the density to increase again, reducing thus the porosity.

Keywords: jatropha; physical properties; grains.

1. INTRODUÇÃO

Por muitos anos, pesquisas envolvendo a obtenção de energia proveniente de biomassa têm recebido especial atenção. Dentre as principais formas de energia obtidas a partir da biomassa está o biodiesel. Além de ser uma fonte limpa e renovável, o biodiesel também possibilita a redução da importação de óleo diesel, podendo representar uma importante oportunidade de desenvolvimento econômico para diversas regiões do País.

O biodiesel pode ser obtido a partir da extração de óleos vegetais, gorduras de origem animal e até mesmo de óleos usados em frituras. O pinhão-manso (Jatropha curcas L.) mostra-se como uma cultura promissora, com uma produtividade potencial três vezes maior do que a da soja (HOLANDA, 2004). Uma das principais vantagens do pinhão-manso é o seu longo ciclo produtivo, que pode chegar a 40 anos e manter a média de produtividade de 2 ton.ha^{-1} (MELO *et al*., 2006).

O teor de óleo de cada semente de pinhão-manso é de 35% a 37%, o que mostra possuir menor porcentagem de óleo que algumas oleaginosas. Porém, sua resistência a condições inadequadas para qualquer cultivo, bem como sua adaptabilidade a terrenos desérticos, salinos, marginais e pobres, e de pH extremos, faz com que seja uma planta ideal para obtenção de biodiesel em zonas improdutivas (CASTELLANOS, 2006).

As principais aplicações do conhecimento das propriedades físicas dos grãos relacionam-se com a elaboração de projetos, construção e operação de equipamentos de limpeza, secagem, classificação, armazenamento e industrialização, otimização da operação de equipamentos visando maior rendimento, racionalização de energia, controle de poluição e redução de custos.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo a determinação das principais características físicas dos grãos de pinhão-manso, tais como: tamanho e forma, massa específica, e porosidade dos grãos.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido no Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente e no Laboratório de Termociências (Latermo) na Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ. Foram utilizados grãos de pinhão-manso (Jatropha curcas L.), com teor de água inicial de 25% (b.u.), colhidos manualmente, proveniente do Horto Municipal de Macaé, RJ.

A amostra inicial foi dividida em sete subamostras de aproximadamente 250g. A primeira foi armazenada em saco hermético, conservando o teor de água inicial. As demais subamostras foram secadas até os teores de água de, aproximadamente, 4, 8, 9, 11, 13, 15, 18, 20, 24 e 25% (b.u.). Após a secagem os grãos foram homogeneizados e acondicionados em sacos plásticos transparentes vedados e guardados em refrigerador. Posteriormente foi determinado o teor de água de cada amostra.

2.1. Teor de água

Para determinação do teor de água presente na massa de grãos, foi utilizado o método padrão da estufa (Brasil, 1992), onde:

$$U = \frac{Pi - Pf}{Pi}\ 100 \qquad (1)$$

em que,
Pi - peso inicial da amostra (g);
Pf - peso final da amostra (g); e
U - teor de água (% b.u.).

Utilizou-se aproximadamente 30 gramas de amostra com 3 (três) repetições, para cada tratamento. Estas foram colocadas em estufa a 105±1°C, durante um período de 24 horas. Após este período, retirou-se as amostras e as colocou em um dessecador, até atingir a temperatura ambiente, para que fosse feita a pesagem. A diferença de massa inicial e final representa a massa de água contida nos grãos.

2.2. Tamanho e forma dos grãos

Para a determinação da forma e do tamanho dos grãos de pinhão-manso utilizou-se amostras de 200 grãos para cada teor de água. O tamanho dos grãos de pinhão-manso foi determinado utilizando-se um paquímetro digital, medindo-se as características de esfericidade, da largura e da espessura de cada grão, conforme especificado na ilustração referente às dimensões (Figura 1).

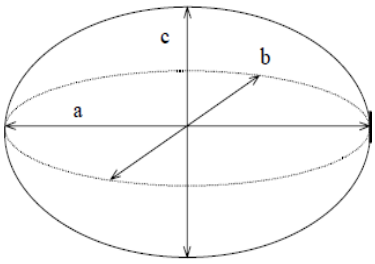


Figura 1. Características de esfericidade

A forma foi caracterizada por meio do cálculo da circularidade e esfericidade dos grãos. A circularidade é a medida da agudeza dos cantos de um sólido. Pode ser expressa como sendo a razão entre a maior área projetada do objeto em posição natural de repouso com a área do menor círculo circunscrito. Para delimitação dos círculos circunscritos e inscritos, e área projetada, utilizou-se o AutoCad 2008, no qual foi inserida a imagem tirada do pinhão-manso e feita a delimitação do pinhão-manso, círculo inscrito e circunscrito (ilustrado pela Figura 2).

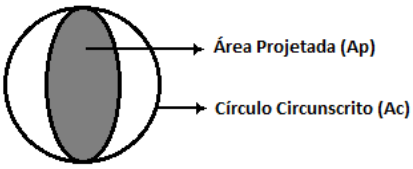


Figura 2. Área projetada e Círculo circunscrito

2.3. Massa específica

A determinação da massa específica aparente foi realizada em sete repetições para cada amostra, utilizando uma proveta de 1000 mL e uma balança de precisão.

Após a balança entrar em equilíbrio com o ambiente, pesa-se a proveta seca e tara a balança para se desconsiderar a massa desta. O pinhão-manso então é depositado na proveta até a marca de 1000 mL e em seguida é pesado. A massa especifica aparente é então estimada pela equação:

$$\mu_{ap} = \frac{m}{V} \quad (2)$$

em que:
m: é a massa do produto (kg); e
V: é o volume da proveta (m^3).

2.4. Porosidade

A porosidade foi determinada pelo método direto, onde a mesma é obtida acrescentando-se um volume líquido conhecido e necessário para complementação dos espaços da massa granular (MOHSENIN,1986). Foram utilizadas provetas de 500 mL e 100 mL para a aferição da porosidade, sendo o óleo de soja o líquido utilizado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os teores de água dos grãos de pinhão-manso, estudados neste trabalho.

Tabela 1. Teor de água dos grãos de pinhão-manso

Amostras	Teor de água (%b.u.)
1	3,94
2	8,82
3	10,83
4	14,66
5	16,68
6	18,90
7	25,04

É possível observar na Tabela 2 os valores médios dos eixos axiais para os grãos de pinhão-manso nos teores de água estudados. Nota-se um aumento dos eixos de caracterização do tamanho dos grãos: Largura (a), Comprimento (c) e Espessura (b) à medida que o teor de água elevou-se. Além disso, pode-se notar que a espessura foi o que apresentou menor variação, o que já era esperado, pois este é o menor eixo.

Tabela 2 Valores médios dos eixos axiais (mm) em função do teor de água (%b.u.)

Teor de água	Largura (a)	Comprimento (c)	Espessura (b)
4,3	10,965	17,275	8,400
8,3	11,205	17,555	8,825
13,3	11,215	17,520	8,790
17,8	11,238	17,570	8,870
23,7	11,358	17,793	9,003

Na Tabela 3 observa-se os valores médios da esfericidade e circularidade dos grãos em função do teor de água dos grãos de pinhão-manso. A esfericidade apresenta valores diretamente proporcionais ao teor de água dos grãos, portanto, ocorre uma tendência no aumento desta propriedade física. Observa-se que a circularidade permaneceu aproximadamente constante apesar dos diferentes teores de água.

Tabela 3. Valores médios da esfericidade e circularidade em função dos teores de água

Teor de água (%b.u.)	Circularidade	Esfericidade	Peso de mil Grãos (kg)
4,3	0,598	0,570	0,777
8,3	0,595	0,575	0,794
13,3	0,582	0,565	0,825
17,8	0,602	0,571	0,889
23,7	0,604	0,576	0,954

Pode-se observar na Tabela 4 os valores médios das massas específicas e da porosidade dos grãos de pinhão-manso em função do teor de água. Observa-se nesta tabela que a porosidade é diretamente proporcional ao teor de água até determinado ponto, onde a interação entre a redução do teor de água e a contração volumétrica, fazem com que a massa específica volte a aumentar, reduzindo assim a porosidade. Esse fenômeno pode ser explicado devido a redução do teor de água influenciar a contração volumétrica do produto fazendo com que haja variação no volume do produto.

Tabela 4. Medidas obtidas para a massa específica aparente (ρ_a), massa específica real (ρ_R) e porosidade (ε) em função do teor de água (%b.u.)

Teor de água	ρ_a (kg/m^3)	ρ_R (kg/m^3)	ε (%)
4,3	480,47	932,71	44,92
8,3	436,66	873,89	47,00
13,3	430,40	912,29	47,08
17,8	439,34	969,91	46,42
23,7	446,72	1001,85	45,56

A determinação da massa específica real foi realizada a partir do peso do grão de pinhão-manso conhecido, divido pelo seu volume. Ao se utilizar as equações ajustadas em um intervalo de teor de água comum à massa específica e porosidade, verifica-se que os valores calculados se encontram na mesma faixa de valores experimentais. A massa específica foi calculada por meio da Equação 3:

Massa específica $_{calculada}$= -0,03275*(teor de água)^3 + 1,782836*(teor de água)^2 - 28,8412*(teor de água) + 573,5893 (3)

Tabela 5 - Massa específica experimental e calculada em função do teor de água em cada repetição

Teor de água (% b.u.)	1	2	3	4	5	Média	M Calculado
4,3	488,71	479,35	478,9	473,73	481,64	480,466	479,93
8,3	439,78	433,51	440,42	435,63	433,95	436,658	438,30
13,3	429,65	433,57	421,75	432,57	434,47	430,402	428,32
17,8	444,39	443,77	431,11	436,5	440,93	439,34	440,40
23,7	468,29	463,10	459,79	462,28	455,71	446,72	455,51

Igualmente, a porosidade também pode ser calculada através da Equação 4:

Porosidade $_{calculada}$= 0,001544*(teor de água)^3 -0,08761*(teor de água)^2 + 1,403172*(teor de água) + 40,41263 (4)

Tabela 6. Porosidade experimental e calculada

Teor de água (%b.u.)	Rep.1	Rep. 2	Porosidade	P Calculada
4,3	45,17	44,67	44,927	44,95
8,3	47,00	47,00	47,00	46,91
13,3	47,00	47,17	47,08	47,21
17,8	47,50	45,33	46,42	46,34
23,7	47,67	44,00	45,55	45,01

4. CONCLUSÕES

Ocorreu um aumento dos eixos de caracterização do grão de pinhão-manso (largura, comprimento e espessura) com o aumento do teor de água. A dimensão que menos sofreu alteração com a elevação do teor de água foi a espessura. A porosidade é diretamente proporcional ao teor de água, até o ponto em que a interação entre a redução do teor de água e a contração volumétrica, fazem com que a massa específica volte a aumentar, reduzindo assim a porosidade. A esfericidade é diretamente proporcional ao teor de água dos grãos. A circularidade mantém-se aproximadamente constante para diferentes teores de água.

A metodologia utilizada neste trabalho mostrou-se adequada à determinação das propriedades físicas do pinhão-manso.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HOLANDA, ARIOSTO. **Biodiesel e inclusão social**. Brasília : Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2004. 200 p.

MELO A., JAMES C.; BRANDER JR A, WALTER; CAMPOS A, RONALDO J. A.; PACHECO A., JOSÉ G. A.; SCHULER B, ALEXANDRE R. P.; STRAGEVITCH A., LUIZ. **Avaliação preliminar do potencial do pinhão-manso para a produção de biodiesel**, p. 1-3, 2006.

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Publishers, 1986. 841p.

CASTELLANOS, J. **Biodiesel do Óleo de Pinhão-manso**. 2006. Disponível em: < http://www.biodieselbr.com/blog/vedana/2006/biodiesel-oleo-pinhao-manso/>. Acesso em: 14 set.2017.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE TERMINAL DOS GRÃOS PINHÃO MANSO

[1]**Andrade, Ednilton T.** (ednilton@deg.ufla.br), [1]**Rezende, Renan P.** (renanprezende@gmail.com), [2]**Brasil, Jacqueline M.** (jbrasil.uff@gmail.com), [2]**Freixo, Neila S.** (neila-saraiva@uol.com.br), [2]**Araujo, Patrícia M.** (engpatty@hotmail.com)

[1]**Universidade Federal de Lavras -** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, CEP 37200-000
[2]**Universidade Federal Fluminense –** Departamento de Engenharia Agrícola
R. Passo da Pátria, 156 - São Domingos, Niterói - RJ, CEP 24210-240

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi determinar experimentalmente a velocidade terminal dos grãos de pinhão manso e comparar os resultados com os resultados calculados a partir de modelos matemáticos presentes na literatura. Para a realização das análises experimentais, as amostras apresentaram teores de água de, aproximadamente, 4, 8, 9, 11, 13, 15, 18, 20, 24 e 25% (b.u.). Uma vez conhecida a velocidade terminal dos grãos é possível caracterizar a velocidade do ar no processamento e beneficiamento dos grãos, como por exemplo nas etapas de transporte e separação. Desta análise é possível determinar o coeficiente de arrasto, o que facilita a construção e os ajustes dos equipamentos de processamento. Verificou-se que a equação utilizada para o cálculo da velocidade terminal está de acordo com os resultados obtidos experimentalmente. Além disso, o resultado também demonstra que a velocidade terminal dos grãos de pinhão-manso é diretamente proporcional ao teor de água.

Palavras Chave: pinhão-manso; velocidade terminal; grãos.

DETERMINING THE TERMINAL VELOCITY OF *JATROPHA CURCAS L.* GRAINS

ABSTRACT: The aim of this study was to experimentally determine the terminal velocity of the *Jatropha* grains and compare the results with those calculated from mathematical models available in the literature. To perform the experimental analysis, the samples had moisture percentages of approximately 4, 8, 9, 11, 13, 15, 18, 20, 24 and 25% (wb). With the knowledge of the terminal velocity of the grains, it is possible to characterize the speed of air involved in the processing and beneficiation in question, such as transport and separation. From this analysis it is possible to determine the coefficient of drag, allowing the adjustment of machinery and equipment. It was found that the equation used for calculating the terminal velocity is in agreement with the results obtained experimentally. Furthermore, the result also shows that the terminal velocity of the grains of *Jatropha* is directly proportional to the moisture content.

Keywords: jatropha; terminal velocity; grains.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente e a busca por fontes renováveis de energia tem sido um importante tópico de discussão nas últimas décadas. Dentre as diversas alternativas está a obtenção de energia proveniente de biomassa, e uma das principais formas de energia obtidas a partir da biomassa é o biodiesel. Ele, além de ser uma fonte limpa e renovável de energia, também possibilita uma oportunidade de desenvolvimento econômico para diversas regiões do Brasil.

O biodiesel pode ser obtido a partir da extração de óleos vegetais, de gorduras de origem animal e até de óleos vegetais usados. O Brasil possui um grande número de oleaginosas com possibilidade de extração de óleos vegetais para a produção de biodiesel em grande escala, e entre elas está o pinhão-manso (*Jatropha curcas L*.). Ele encontra-se distribuído em toda a geografia nacional, e é uma planta de crescimento rápido, vida longa, altamente adaptável e que pode sobreviver em terrenos pobres e secos (MELO *et al.*, 2006).

Por ser perene, também contribui para a conservação do solo e reduz o custo de produção, fator importante para sua viabilidade econômica, sobretudo na agricultura familiar. Além disso, sua presença em zonas de forte aridez protege o solo contra erosão hídrica e eólica, atrai a presença das chuvas, e enfrenta com eficácia a desertificação.

Um hectare de terreno pode produzir de 6-8 toneladas de sementes de pinhão-manso, enquanto que a mesma extensão semeada de mamona produz de 3-5 toneladas de sementes. Traduzindo estes números em litros de óleo, teríamos de 2100 a 2800 no caso do pinhão-manso, e a mamona teria uma produção de 1200 a 2000 litros por hectare (CASTELLANOS, 2006).

De acordo com TEIXEIRA et al. (2003), a velocidade terminal é uma propriedade que determina a velocidade a ser imposta ao ar, para que este não arraste os grãos durantes a sua passagem pelos mesmos. O conhecimento da velocidade terminal de produtos agrícolas é de fundamental importância no projeto e no dimensionamento de equipamentos e estruturas, sobretudo nas operações de colheita e pós-colheita desses produtos. Esta propriedade também é utilizada no transporte pneumático, seleção densimétrica, resfriamento, entre outros (MOHSENIN, 1986).

Assim, este trabalho tem como objetivo a determinação experimental da velocidade terminal dos grãos, de forma a caracterizar a velocidade máxima do ar envolvida nos processos de beneficiamento, fazendo comparação entre os resultados experimentais e os obtidos por meio de modelagem matemática.

2. METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado no Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente e no Laboratório de Termociências (Latermo) na Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ. Foram utilizados grãos de pinhão-manso (*Jatropha curcas L*.), com teor de água inicial de 25% (b.u.), colhidos manualmente, proveniente do Horto Municipal de Macaé, RJ.

A amostra inicial foi dividida entre sete subamostras de aproximadamente 250g cada. A primeira foi armazenada em um saco hermético, conservando o teor de água inicial. As demais subamostras foram secadas até os teores de água de, aproximadamente, 4, 8, 9, 11, 13, 15, 18, 20, 24 e 25% (b.u.). Após a secagem, os grãos foram homogeneizados e acondicionados em sacos plásticos transparentes vedados e guardados em refrigerador. Posteriormente foi determinado o teor de água de cada amostra.

2.1. Velocidade terminal experimental

A velocidade terminal foi determinada, utilizando-se um dispositivo formado por um ventilador acoplado a um tubo de PVC com 100 mm de diâmetro e 1040 mm de comprimento. Essas dimensões foram utilizadas, a fim de se obter uma maior uniformidade

de distribuição da velocidade do ar na secção transversal do duto, conforme MOHSENIN (1986). À distância de 7,5 cm de sua extremidade superior, fixou-se uma tela para sustentação das amostras. Na entrada do ventilador, a uma distância de 70 cm, foi fixado um registro gaveta para regulagem da velocidade do fluxo de ar.

Foram utilizados 49 grãos de pinhão-manso, 7 para cada amostra, sendo a velocidade do fluxo de ar medida no ponto localizado a 7,5 cm acima da tela de sustentação, utilizando-se um anemômetro digital (Figura 1).

A medição da velocidade do ar correspondente à velocidade terminal foi realizada no início da trepidação da amostra, de forma a evitar sua flutuação.

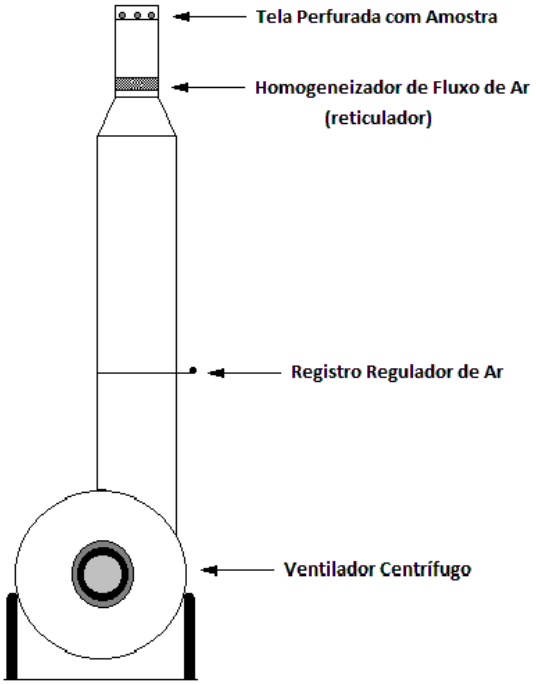


Figura 1. Esquema do equipamento utilizado para medição da velocidade terminal

Para todos os tratamentos, a obtenção dos valores de velocidade terminal foi realizada com a massa unitária de grãos variando de 0,7 a 1,0 gramas e em 7 repetições, para cada teor de água analisado.

2.2. Velocidade terminal calculada

Para verificar a viabilidade do cálculo da velocidade terminal, determinou-se o seu valor baseado em fórmula empírica, o que possibilitou um estudo comparativo com os resultados experimentais. Para o cálculo da velocidade terminal utilizou-se a equação proposta por HAWK et al. (1966):

$$Vt = \left[\frac{2.w.(\rho p - \rho f)}{C.\rho p.\rho f.Ap}\right]^{1/2} \quad (1)$$

em que,

Vt = velocidade terminal, m.$^{s-1}$;

w = peso das partículas, N;

ρp = massa específica da partícula, kg.m^{-3};

ρf = massa específica do fluido, kg.m^{-3};

C = coeficiente de arrasto, adimensional;
Ap = área projetada das partículas, normal ao seu movimento em relação ao fluído, m²; e
G = aceleração da gravidade (m.s^{-2});

2.3. Coeficiente de arrasto

O coeficiente de arrasto foi calculado baseando-se na equação de Wadell, que estabeleceu uma família de curvas de coeficiente de arrasto versus número de Reynolds (Re), a qual resultou em uma equação empírica para valores de Re, compreendidos entre 2.000 e 20.000, em função da esfericidade (WEST, 1970).

$$C = 5{,}31 - 4{,}88\mathrm{f} \qquad (2)$$

em que:
C = coeficiente de arrasto, adimensional; e
f = esfericidade, adimensional.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, observa-se os valores médios da velocidade terminal em função do teor de água dos grãos de pinhão-manso e a velocidade terminal calculada. Verifica-se a relação direta de proporcionalidade entre o aumento dos valores de velocidade terminal com a elevação do teor de água do produto.

Possivelmente, este aumento deve-se às alterações das características físicas do produto, principalmente massa, área e volume, confirmando a expectativa de que a maior presença de água na composição do produto contribui para a alteração direta da relação entre a massa e a velocidade terminal.

A velocidade terminal é determinada a fim de obter a velocidade do ar máxima nas colunas pneumática de máquinas de limpeza, sem que ocorra transporte de grãos juntamente com as impurezas, bem como em equipamentos para transporte e movimentação dos grãos.

Tabela 1. Resultados obtidos para a Velocidade Terminal (m/s) experimental e calculada em função do teor de água

Teor de água (% b.u.)	Experimental	Calculada
3,9	7,81	7,79
8,8	7,96	7,95
10,8	8,09	8,03
14,7	8,29	8,20
16,7	8,43	8,30
18,9	8,67	8,42
25,0	8,97	8,81

Verifica-se que equações utilizadas para o cálculo da velocidade terminal calculada apresentaram resultados próximos aos dados coletados experimentalmente.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho mostrou que os valores calculados pela equação da velocidade terminal estão de acordo com os valores obtidos experimentalmente para os grãos de pinhão manso. Além disso, o resultado também demonstra que a velocidade terminal dos grãos de pinhão manso é diretamente proporcional ao seu teor de água.

Uma vez que a velocidade terminal é conhecida, é possível a elaboração de projetos e construção de equipamentos eficientes para processamento, beneficiamento e extração de biodiesel do pinhão manso.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTELLANOS, J. **Biodiesel do Óleo de Pinhão-manso**. 2006. Disponível em: < http://www.biodieselbr.com/blog/vedana/2006/biodiesel-oleo-pinhao-manso/>. Acesso em: 28 ago.2017.

HAWK, A.L., D.B. BROKER AND J.J. CASSIDY. **Aerodynamic characteristics of selected farm grains**. Trans. ASAE, 9(1): 48-51, 1966.

MELO A., JAMES C.; BRANDER JR A, WALTER; CAMPOS A, RONALDO J. A.; PACHECO A., JOSÉ G. A.; SCHULER B, ALEXANDRE R. P.; STRAGEVITCH A., LUIZ; **Avaliação preliminar do potencial do pinhão-manso para a produção de biodiesel**, p. 1-3, 2006.

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Publishers, 1986. 841p.

TEIXEIRA, M. M.; PETER, J. M; HARA, T.; CUNHA, J. P. A. R. Propriedades físicas e aerodinâmicas aplicadas ao projeto de máquinas de e limpeza para grãos de milho. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.11, 52 n.1-4, p. 54-55, Jan.-Dez., 2003.

WEST, N.L. **Aerodynamic force predictions**. St. Joseph, Michigan: ASAE, 1970. 4 p. (ASAE Paper, 70- 334)

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

UTILIZAÇÃO DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA PARA MAPEAMENTO DE USO DE SOLO EM UMA ÁREA DE CAFEEIROS

[1]Gonçalves, Luana Mendes (luanna_mendess@yahoo.com.br), **[1]Ferraz, Gabriel Araújo e Silva** (gabriel.ferraz@deg.ufla.br), **[1]Barbosa, Brenon Diennevan Souza** (b.diennevan@outlook.com), **[1]Santos, Sthéfany Airane dos** (sthefanyairane@engagricola.ufla.br), **[1]Xavier, Letícia Aparecida Gonçalves** (leticiaapgxavier@hotmail.com)

[1]Universidade Federal de Lavras- Departamento de Engenharia

Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: A Agricultura de Precisão consiste em técnicas para lidar com a variabilidade espacial. Para entender a distribuição espacial de uma cultura é necessário informações confiáveis sobre a área a ser mapeada. Atualmente, Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) estão sendo estudadas por detectarem informações próximas ao alvo e, consequentemente, fornecerem dados com alta resolução espacial e temporal. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi obter imagens com câmera convencional por meio de uma RPA e realizar a classificação supervisionada para obtenção do mapeamento de uso do solo de uma lavoura cafeeira. O experimento foi realizado em uma lavoura cafeeira pertencente à Agência de Inovação do Café (InovaCafé) na Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG. Utilizou-se uma RPA de asa rotativa, em modo de voo autônomo, e na altura de 75 m. Processou-se as imagens no software QGis, realizou-se o georreferenciamento e a classificação, posteriormente aferiu-se a acurácia e quantificou-se as classes. Concluiu-se que foi possível classificar e distinguir as categorias em: Solo; Planta Daninha; e Cultura, em uma área de 1,23 ha resultando em 29,56% de cafeeiros, uma acurácia geral de 85% e estimativa do Kappa de 0,75, sendo possível distinguir os diferentes estágios de desenvolvimento dos cafeeiros.

Palavras Chave: Classificação Supervisionada; Lavoura Cafeeira; Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas; Sensoriamento Remoto; Agricultura de Precisão

AIRCRAFT REMOTELY PILOTED USE FOR LAND USE MAPPING IN CROP COFFEE

ABSTRACT: Precision Agriculture consists of techniques to deal with spatial variability. Understanding the spatial distribution of a culture requires reliable information about the area to be mapped. Currently, Remotely Piloted Aircraft (RPA) are being studied for detecting information close to the target and, consequently, providing data with high spatial and temporal resolution. Therefore, the objective of this work was to obtain images with conventional camera by means of a RPA and to carry out the supervised classification to obtain the mapping of the soil use of a coffee crop. The experiment was carried out in a coffee field belonging to the Coffee Innovation Agency (InovaCafé) at the Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. It was used a RPA with rotary wings, in an autonomous flight, and height of 75 m. The images were processed in the QGis software, the georeferencing and the classification were performed, then the accuracy was measured and the classes were quantified. It was concluded that it was possible to classify and distinguish the categories in: Solo; Weed; and Culture, in an area of 1.23 ha resulting in 29.56% of coffee trees, an overall accuracy of 85% and Kappa estimation of 0.75, and it is possible to distinguish the different stages of coffee development.

Keywords: Supervised Classification; Coffee Crop; Unmanned Aircraft Systems (UAS); Remote Sensing; Precision Agriculture

1. INTRODUÇÃO

Para identificar as variações no campo e aplicar estratégias para lidar com a variabilidade espacial, utilizam-se de conceitos da Agricultura de Precisão e de tecnologias geoespaciais como: Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS), sensores, dentre outras (ZHANG e KOVACS, 2012).

Quantificar e saber a distribuição da vegetação dentro de uma área de cultivo é o primeiro e importante passo na Agricultura de Precisão (TORRES-SÁNCHEZ et al., 2014). Porém para ZHANG e KOVACS (2012), ainda existem limitações para aplicar estas tecnologias no gerenciamento da fazenda como: a falta de dados de alta resolução espacial, a interpretação e extração de dados, a coleta e entrega das imagens em tempo hábil e a integração desses dados com dados agronômicos em sistemas especializados.

Assim, as plataformas como as Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) estão sendo desenvolvidas e estudadas na última década como complemento das imagens de satélites, a fim de obter informações de alvos com melhor resolução espacial, chegando a centímetros e até a milímetros, com maior flexibilidade de obtenção das imagens e alta resolução temporal.

Diante deste contexto, teve-se por objetivo obter imagens com câmera convencional por meio de uma RPA e realizar a classificação supervisionada para obtenção do mapeamento de uso do solo de uma lavoura cafeeira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma lavoura cafeeira pertencente à Agência de Inovação do Café (InovaCafé), localizada na Universidade Federal de Lavras (UFLA) no município de Lavras/Minas Gerais, com as coordenadas latitude 21°13'33.17" S, longitude 44°58'17.54" W Gr. e 936m de altitude. A imagem foi obtida por meio de uma Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) com asa rotativa (quadricóptero), operando em voo autônomo.

Foi utilizado uma câmera convencional RGB (Red, Green, Blue) abrangendo a faixa do visível, com resolução de 12,4 megapixels, lente 20 mm com abertura de f/2.8, sendo um sistema de baixo custo comparado com outros sensores e plataformas. O voo foi realizado no dia 21 de fevereiro de 2017 entre 12h e 14h para captar a maior incidência de radiação na área de estudo. Foi obtida uma única foto abrangendo toda a área de interesse, a uma altura de 75 metros de altitude ao nível do solo.

Na fase de processamento utilizou-se o software QuantumGis (QGIS, 2017) versão 2.16.3 open source. A imagem foi georreferenciada e reprojetada para a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), no datum WGS 84 zona 23 S, de acordo com as coordenadas dos pontos de controle coletadas na área de estudo. Para a classificação supervisionada da imagem, utilizou-se o SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) com o algoritmo Mínima Distância, para isso coletou-se amostras para servir como respostas espectrais dos alvos de interesse como: solo exposto, cultura cafeeira e planta daninha e assim treinar o classificador para classificar o restante da imagem a partir das amostras. Na fase de pós-processamento aferiu-se a acurácia temática dos resultados obtidos na classificação e quantificou-se os pixels das áreas classificadas, posteriormente fez-se a confecção do layout do mapa de uso do solo da área cafeeira.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados, a classificação supervisionada utilizando o algoritmo Mínima Distância evidenciou de forma satisfatória as classes de uso do solo da área em estudo, como pode-se observar o mapa da Figura 1.

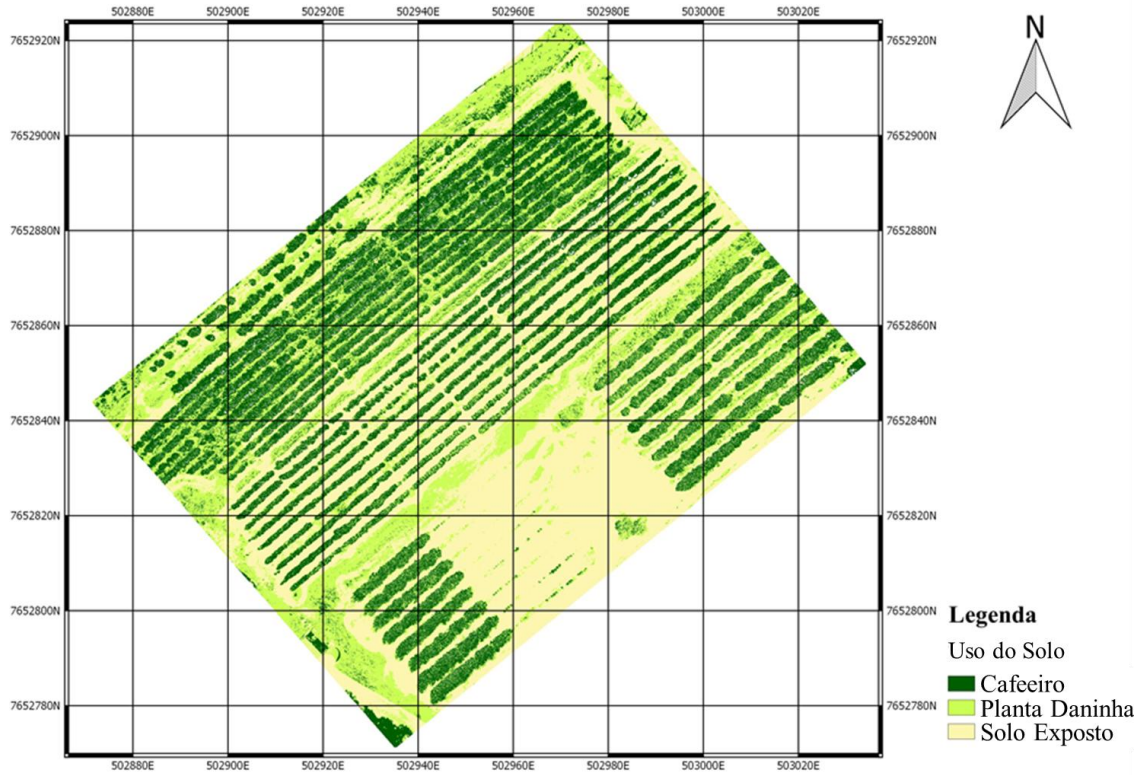


Figura 1. Mapa de uso do solo de uma lavoura cafeeira, imagem obtida em Fevereiro de 2017

O mapa de uso do solo, obteve uma resolução espacial de 3,2 cm, o mesmo evidência a distinção das categorias, o desenvolvimento, a uniformidade e falhas dentro da lavoura cafeeira, bem como o desenvolvimento de plantas daninhas nas entrelinhas e ao redor do cafeeiro e as áreas de solo exposto. A classificação da imagem permitiu destacar o uso do solo e observar diferentes estágios de desenvolvimento da cultura, devido às diferentes épocas de plantio e tratamentos impostos na área. Assim, com a imagem obtida pela RPA pôde-se obter informações do desenvolvimento da cultura de forma mais acessível, mesmo utilizando sensor de baixo custo como é o caso da utilização de câmera convencional.

Apesar da baixa resolução espectral de câmeras convencionais, as mesmas se mostram como alternativa para monitoramento de pequenas áreas, assim como nos resultados dos estudos realizados por TORRES-SÁNCHEZ et al. (2014). Os autores concluíram que tais câmera acoplada à plataforma autônoma como a RPA, são ferramentas adequadas para a discriminação da vegetação, sendo uma tecnologia que pode ser aplicada na agricultura de precisão para mapeamentos precisos.

Segundo RODRÍGUEZ et al. (2012), as RPAs agem como “um olho no céu”, sendo uma oportunidade aos agricultores para que possam utilizar esta tecnologia no intuito de inspecionar e monitorar lavouras com mais flexibilidade, de forma rápida e com maior detalhamento devida a alta resolução espacial e temporal.

A classificação da imagem obtida por detecção remota utilizando a RPA permitiu quantificar a área das categorias amostradas. Pela análise da Tabela 1 é possível observar esta quantificação, na qual tem-se uma porcentagem grande de solo exposto, seguido por planta daninha e cafeeiros, totalizando uma área de 1,23 ha.

Tabela 1. Quantificação das áreas de uso do solo de uma lavoura cafeeira obtidas após a classificação.

Uso do Solo	Porcentagem (%)	Área (m^2)	Área (ha)
Café	29,56	3648,35	0,36
Planta Daninha	30,48	3762,36	0,38
Solo Exposto	38,39	4739,35	0,47
Não Classificado	1,56	192,27	0,02
Total	100,0	12342,33	1,23

A acurácia geral do mapa de uso do solo foi de 85% e a estimativa de kappa (κ) apresentou um valor de 0,75 correspondendo à categoria "muito bom" de desempenho classificatório (0,60 - 0,80) segundo LANDIS e KOCH (1977).

4. CONCLUSÃO

Foi possível classificar a imagem obtida por aeronave remotamente pilotada (RPA). Com o mapa temático da classificação da área foi possível detectar e quantificar as classes de uso do solo e ver os diferentes estágios de desenvolvimento dos cafeeiros na área em estudo.

5. AGRADECIMENTOS

A UFLA e ao PPGEA pelo apoio às pesquisas. A CAPES e ao SESU/MEC/PET pelo auxílio financeiro dos bolsista envolvidos nos estudos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LANDIS, J.; KOCH, G. G. The measurements of agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, p. 159-179, 1977.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project, 2017.

RODRÍGUEZ A, NEGRO JJ, MULERO M, RODRÍGUEZ C, HERNÁNDEZ-PLIEGO J. The eye in the sky: combined use of unmanned aerial systems and GPS data loggers for ecological research and conservation of small birds. **PLoS One 7**, 2012.

TORRES-SÁNCHEZ, J. et al. Multi-temporal mapping of the vegetation fraction in early-season wheat fields using images from UAV. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 103, p. 104-113, 2014.

ZHANG, C.; KOVACS, J. M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. **Precision agriculture**, v. 13, n. 6, p. 693-712, 2012.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

ANÁLISE ESPACIAL DAS CONDIÇÕES TÉRMICAS EM INSTALAÇÕES COMPOST BARN COM DIFERENTES SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

[1]**Oliveira, Carlos Eduardo Alves** (carlos.oliveira@engagricola.ufla.br), [1]**Damasceno, Flávio Alves** (flavio.damasceno@deg.ufla.br), [1]**Lopes, Fábio Henrique Benfica** (f.benfica@engagricola.ufla.br), [1]**Ferraz, Gabriel Araújo e Silva** (gabriel.ferraz@deg.ufla.br), [1] **Gomes, Amanda Pereira Assis** (amandapag@hotmail.com)

[1]**Universidade Federal de Lavras -** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o conforto térmico em instalações para bovinos leiteiros do tipo Compost Barn, com diferentes sistemas de ventilação. Para verificação do conforto térmico, foram avaliadas três instalações com três tipos de ventilação (natural, mecânica do tipo HVLS, e mecânica do tipo VHLS), localizadas em duas fazendas no munícipio de Madre de Deus – MG, no mês de abril de 2017. O interior das instalações foi dividido em uma malha de 40 pontos, sendo coletadas as variáveis ambientais (temperatura do ar e umidade relativa) necesárias para verificar-se o conforto térmico dos animais. Para avaliação do conforto térmico dos animais, calculou-se o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). A técnica de geoestatística foi utilizada para avaliação da distribuição e dependência espacial do ITU no interior das instalações. Por meio da interpolação por krigagem ordinária, foi possível gerar mapas de distribuição espacial do conforto térmico no interior das instalações. Dentre as três instalações avaliadas, os piores resultados foram encontrados para aquela com ventilação natural, em que o ITU máximo situou-se entre 78 e 79. Nas instalações com ventilação mecânica observou-se menor variabilidade espacial do ITU. Os resultados evidenciaram a ocorrência de forte dependência espacial entre os pontos coletados.

Palavras Chave: bovinocultura de leite; distribuição espacial; bem-estar animal; compostagem.

SPATIAL ANALYSIS OF THERMAL CONDITIONS IN INSTALLATIONS COMPOST BARN WITH DIFFERENT VENTILATION SYSTEMS

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the thermal comfort in facilities for dairy cattle of the type Compost Barn, with different ventilation systems. In order to verify the thermal comfort, three animal facilities with three types of ventilation (natural, mechanical type HVLS, and VHLS type mechanics) were evaluated, located in two different dairy farms in the Madre de Deus, MG, in April 2017. The interior of the facilities was divided into a mesh of 40 points, and the environmental variables (air temperature and relative humidity) were collected to verify the thermal comfort of the animals. The thermal comfort of the animals was evaluate using the Temperature and Humidity Index (THI). The geostatistical technique was used to evaluate the distribution and spatial dependence of the THI inside the animal facilities. Using the ordinary kriging technique, thermal comfort distribution maps were generated inside the barns. As a result, the worst results were found for the installation with natural ventilation, in which the maximum THI was between 78 and 79. The animal facility with mechanical ventilation showed a smaller spatial variability of the THI. The results evidenced the occurrence of a strong spatial dependence between the points collected.

Keywords: dairy cattle; spatial distribution; animal welfare; composting.

1. INTRODUÇÃO

Uma porção significativa do PIB da pecuária deve-se ao setor leiteiro, apresentado este um papel importante de ordem econômica e social no país. A produção de leite brasileira apresenta um crescimento anual acima da média mundial, garantindo ao Brasil a quinta posição no ranking dos países produtores de leite no mundo, contando com um total de 1,3 milhão de propriedades, distribuídas praticamente em todo território nacional. (ZOCCAL *et al.*, 2012). De acordo com a Companhia Nacional de abastecimento (CONAB, 2016), o crescimento na produção nacional de leite deu-se a uma taxa média anual de + 3,1% aa entre os anos de 2011 e 2014, chegando a 35,1 bilhões de litros em 2014. Pode-se ainda destacar o crescimento médio na produtividade das vacas ordenhadas que foi da ordem de 2,1% a.a., alavancado pela modernização tecnológica do setor (RESENDE e STOCK, 2014).

Dentre os sistemas de criação de bovinos de leite, o Compost Barn vem se destacando como uma alternativa à produção leiteira. O sistema consiste no confinamento dos animais em uma grande área comum, recoberto por cama formada geralmente por serragem ou maravalha, rico em carbono, que juntamente aos dejetos animais, material rico em nitrogênio, vai sofrendo compostagem (BARBERG *et al.*, 2007). A escolha do sistema de ventilação adequado é uma das escolhas mais importantes para a implantação do sistema, pois este é responsável por manter o ambiente confortável aos animais, bem como realizar a remoção de gases, odor, calor e umidade, gerados durante o processo de compostagem (DAMASCENO, 2012). O estresse térmico afeta negativamente de várias formas a produção leiteira, causando a redução da produção, ocasionada em virtude da redução na ingestão de alimentos, atrelada ao desconforto do animal (DAHL, 2010).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição espacial do conforto térmico no interior de instalações para gado de leite do tipo Compost Barn, com três diferentes sistemas de ventilação, no estado de Minas Gerais, através da técnica de geoestatística.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em duas fazendas localizadas no munícipio de Madre de Deus de Minas – MG, durante o mês de Abril de 2017. A fazenda localiza-se na Mesorregião do Vale das Vertentes, latitude 21° 29’ 2” S, longitude 44° 19’ 58” O de Greenwich e altitude 985 m, com clima, conforme a classificação climática de Köppen, classificado como Cwa (temperado úmido, com inverno seco e verão chuvoso, subtropical, com inverno seco e temperatura do mês mais quente maior que 22 °C).

As três instalações localizavam-se em duas propriedades próximas entre si (menos de 5 km), sendo duas localizadas na primeira e uma na segunda propriedade. As duas instalações localizadas na mesma propriedade apresentavam as mesmas características construtivas, sendo estas: dimensões de 17,00 m de largura e 33,10 m de comprimento (medidas internas), pé-direito de 4,60 m, telhado em duas águas, apresentado estrutura e cobertura em telhas metálicas. A terceira instalação apresentava as seguintes características construtivas: dimensões de 17,40 m de largura e 48,50 m de comprimento (medidas internas), pé-direito de 4,20 m, telhado em duas águas, com estrutura e cobertura metálica. A primeira instalação apresentava apenas ventilação natural, enquanto as demais apresentavam ventilação mecânica, possuindo em seu interior ventiladores de baixo volume e alta rotação (LVHS) e alto volume e baixa rotação (HVLS), para a segunda e terceira instalações, respectivamente. Para ambas instalações, o material da cama era serragem de madeira, apresentando espessura de aproximadamente 0,40 m.

O interior das instalações foi dividido em malhas de 40 pontos equidistantes, nos quais foram realizadas as coletas de umidade relativa (UR) e temperatura do ar (t_{ar}). Tais variáveis ambientais foram coletadas manualmente, utilizando-se um termo-higro-decibelímetro-luxímetro digital portátil, modelo THDL-400, com capacidade de coleta de temperatura entre

–20 e 750°C (±0,1°C), e Umidade Relativa entre 25 a 95%UR (±0,1%UR). A altura de coleta admitida foi de 1,50 m.

Para determinação do conforto térmico nas instalações, determinou-se o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), conforme modelo proposto por BUFFINGTON *et al.* (1983):

$$\mathrm{ITU} = 0{,}8.\mathrm{t_{ar}} + \mathrm{UR}.(\mathrm{t}_{ar} - 14{,}3)/100 + 46{,}3 \quad (1)$$

Em que: t_{ar} é a temperatura do ar, em ºC;
UR é a umidade relativa do ar, em %.

Para aves, bovinos e suínos, os intervalos de ITU foram definidos conforme estudos realizados por THOM (1959) E HUBBARD *et al.* (1999), sendo estes: ITU < 74 – condição de conforto térmico adequado; 74 ≤ ITU < 79 – condição de alerta aos produtores para que providências sejam tomadas com o objetivo de evitar perdas; 79 ≤ ITU < 84 – condição de perigo, sendo necessário tomar medidas de segurança para prevenir perdas desastrosas, principalmente para os rebanhos confinados; e ITU > 84 – situação de emergência, sendo necessário que providências urgentes sejam tomadas para evitar a perda do plantel.

A técnica de geoestatística foi utilizada afim de se verificar a distribuição espacial do ITU, predizer os níveis em pontos não amostrados e verificar a ocorrência dependência espacial. Tal análise foi realizada utilizando o sistema computacional R DEVELOPMENT CORE TEAM (2015), através da biblioteca geoR (RIBEIRO JUNIOR e DIGGLE, 2001).

Para avaliação da dependência espacial do ITU no interior das instalações, foram realizados ajustes de semivariograma e interpolação por krigagem ordinária. A estimação do semivariograma foi realizada através da Equação 1 (BACHMAIER e BACKERS, 2008):

$$\overset{\Lambda}{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{\mathrm{N}(h)} \left[Z(X_i) - Z(X_i + h) \right]^2 \quad (2)$$

Em que: N (h) corresponde ao número de pares experimentais de observações Z (Xi) e Z (Xi + h) separados por uma certa distância h.

Os coeficientes do modelo teórico para semivariograma, chamados de efeito pepita - C0, patamar – $C_0 + C_1$, e o alcance – a, foram obtidos a partir de um modelo matemático para os valores calculados de $\hat{\gamma}(h)$, retratado por BACHMAIER e BACKERS (2008). A dependência espacial do nível de ruído foi determinada através da razão entre o efeito pepita (C_0) e o patamar (C_0 + C_1), multiplicando por 100. A análise desta dependência foi realizada utilizando a classificação de CAMBARDELLA *et al.* (1994). Em tal classificação considera-se com forte dependência espacial os semivariogramas que têm efeito pepita inferior a 25% do patamar, moderado entre 25% e 75% e baixo quando superior a 75%.

Conforme sugerido por MARCHANT e LARK (2007), utilizou-se o método de Máxima Verossimilhança Restrita (REML) para ajuste do semivariograma, sendo este sugerido para pequenos agrupamentos de dados. Para o ajuste do semivariograma experimental, foram testados os modelos Gaussiano e Esférico.

A interpolação ordinária dos dados foi realizada por intermédio da técnica de krigagem, possibilitando a visualização da espacialização do ITU no interior das instalações. A partir dos dados interpolados foram gerados mapas de superfície de resposta, utilizando-se o software ArqGIS®, de licença do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados coletados, foram calculados os valores de ITU para ambas as instalações, e utilizando a técnica de krigagem, possibilitou-se predizer os valores de ITU para pontos não amostrados no interior das instalações.

Para as instalações avaliados, os semivariogramas se ajustaram ao Modelo Esférico (Tabela 1). De acordo com a classificação sugerida por CAMBARDELLA *et al.* (1994), pode-se verificar a ocorrência de forte dependência espacial entre os pontos de coleta, sendo verificados GDE's iguais a 0,00%, para as três instalações avaliadas. Já com relação ao alcance, que se refere a extensão espacial com que a variável analisada se correlaciona, foram verificados valores expressivos, sendo o maior valor referente a instalação com ventilação mecânica do tipo HVLS, seguido pela instalação com ventilação do tipo LVHS, e com ventilação natural, com valores iguais a 33,4934 m, 17,3013 m e 11,9338 m, respectivamente. Tais resultados indicam que a presença de ventilação mecânica no interior das instalações propicia o aumento da correlação entre diferentes pontos na instalação.

Tabela 1. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para ITU nas três instalações "Compost Barn" avaliadas.

Instalação	Ventilação	Método	Modelo	C_0	C_1	$C_0 + C_1$	a	GDE
1	Natural	REML	Esférico	0,0000	0,3889	0,3889	11,9338	0,0000
2	LVHS	REML	Esférico	0,0000	0,3239	0,3239	17,3013	0,0000
3	HVLS	REML	Esférico	0,0000	0,0526	0,0526	33,4934	0,0000

(*) C_0 – Efeito Pepita; C_1 – Contribuição; $C_0 + C_1$ – Patamar; a – Alcance prático; e GDE – Grau de dependência espacial.

Com os dados obtidos na krigagem, foram gerados mapas de distribuição do ITU, conforme a Figura 1. De acordo com a Figura 1a, os valores de ITU mais elevados foram observados no interior da instalação com ventilação natural, com valores máximos de ITU no intervalo entre 78 e 79. De acordo com os limites de ITU estabelecidos por THOM (1959) e HUBBARD *et al.* (1999), no interior de toda a instalação foram verificados valores de ITU situados entre 74 e 79, podendo-se considerar condição de alerta, indicando a necessidade de intervenção dos produtores, para que se possam evitar perdas futuras. Observa-se ainda, que os valores de ITU mais baixos (75), foram verificados em locais próximos à extremidade do galpão, sendo estes ocasionados pela ventilação natural atuante em tais.

Na Figura 1b, pode ser verificada a distribuição espacial do ITU na instalação com ventilação mecânica do tipo LVHS. No interior de tal instalação foram observados valores de ITU variando entre 73 e 76, sendo os valores mais elevados observados nas extremidades. Tal fato pode ser explicado pela incidência direta de radiação solar em tais locais, ocorrida em alguns períodos do dia. Os menores valores foram observados em locais próximos à linha de atuação dos ventiladores. Entretanto, os mesmos não apresentaram efetividade em propiciar conforto aos animais em toda a instalação. Pela análise da Figura 1c, pode-se verificar que no interior da instalação com ventilação do tipo HVLS foram encontrados valores de ITU entre 74 e 76, havendo pouca variação na distribuição dos mesmos.

De acordo com HEAD (1995), para países de clima tropical e subtropical, afim de se assegurar o conforto térmico aos animais é necessário a redução do efeito provocado pelo estresse calórico. A utilização de sistemas de condicionamento ambiental para vacas leiteiras possibilita a redução da temperatura retal e frequência respiratória, promovendo melhor conforto aos animais (FRAZZI *et al.*, 1998). A análise de ambas figuras permite inferir que a utilização de ventilação mecânica, de ambos os tipos, propiciou a redução do estresse térmico no interior de instalações avaliadas.

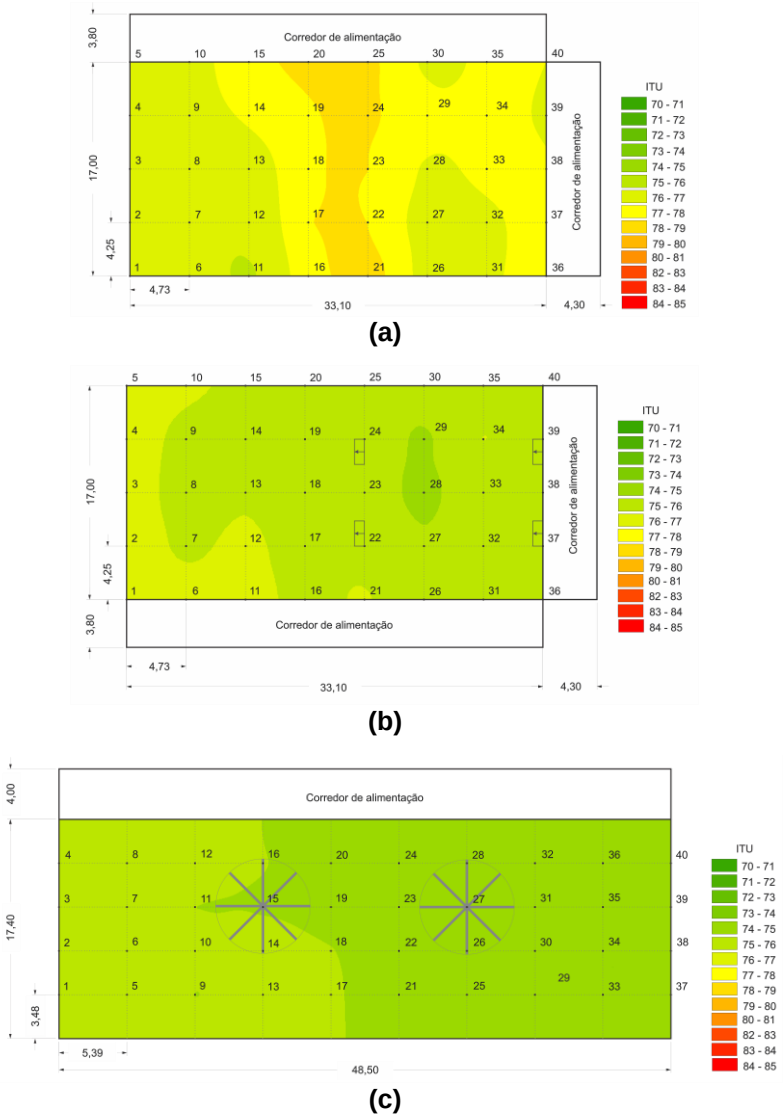


Figura 1. Distribuição espacial do ITU nas instalações avaliadas com (a) ventilação natural, ventilação mecânica com ventilador (b) LVHS e (c) HVLS. * Cotas dos galpões em metros (m).

4. CONCLUSÕES

O uso da técnica de geoestatística propiciou a verificação de forte dependência espacial entre os pontos coletados, para ambas instalações. Os maiores valores de alcance foram encontrados para as instalações providas de ventilação mecânica, com valores iguais a 33,4934 m, 17,3013, para os tipos HVLS e VHLS, respectivamente.

A partir dos resultados encontrados, foi possível verificar que nas três instalações o ITU encontra-se acima da recomendação para gado de leite. Os piores resultados encontrados para a instalação provida apenas de ventilação natural. Para as instalações com ventilação mecânica, foi observada menor variabilidade na distribuição espacial do ITU.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo suporte financeiro ao projeto, bem como a SESu/MEC, pela bolsa do Programa de Educação Tutorial.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACHMAIER, M. & BACKERS, M. Variogram or semivariogram? Understanding the variances in a variogram. **Precision Agriculture**, v. 9, p. 173-175, 2008.

BARBERG, A. E.; ENDRES, M. I.; SALFER, J. A.; RENEAU, J. K. Performance and Welfare of Dairy Cows in an Alternative Housing System in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 3, 1575-1583, 2007.

BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Transactions of the ASAE**, v. 26, n. 6, p. 1798-1802, 1983.

CAMBARDELLA, C. A., MOORMAN, T. B., NOVAK, J. M., PARKIN, T. B., KARLEN, D. L., TURCO, R. F. KONOPKA, A. E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Conjuntura Mensal: Leite e Derivados**. Brasília, 2016. 9 p.

DAHL, G. E. Efeito do estresse térmico durante o período seco no desempenho pós-parto. In: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 14, Uberlândia-MG. **Anais**... Uberlândia-MG. 2010, p. 357-362.

DAMASCENO, F. A. **Compost Bedded Pack Barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model**. 2012, 404 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

FRAZZI, E.; CALAMARI, L.; CALEGARI, F. Behavior of dairy cows in response to different barn cooling systems. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 5, St. Louis. **Proceedings**… St. Louis: ASAE. 1998, 387-394.

HEAD, H. H. Management of dairy cattle in tropical and subtropical environments. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2, Jaboticabal-SP. **Anais**... Jaboticabal-SP: SBBiomet, p. 26-68. 1995.

HUBBARD, K. G.; STOOKSBURY, D. E.; HAHN, G. L.; MADER, T. L. A climatological perspective on feedlot cattle performance and morality related to the temperature-humidity index. **Journal Production Agriculture**, Madison, v.12, n. 4, p.650-3, 1999.

MARCHANT, B. P.; LARK, R. M. Robust estimation of the variogram by residual maximum likelihood. **Geoderma**, Amsterdam, v. 140, p. 62–72, 2007.

RESENDE, J. C.; STOCK, L. A. Cresc. e mudanças geog. da produção de leite no Brasil entre 2002 e 2012. Boletim CBLeite, nº 20. **Embrapa Gado de Leite**. Juiz de Fora: 2014.

R: a language and environment for statistical computing. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em 20 de maio de 2017.

RIBEIRO JUNIOR, P. J., DIGGLE, P. J. GeoR: a package for geostatistical analysis. **R-News**, v. 1, p. 14-18, 2001.

THOM, E. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12, n. 1, p. 57-60, 1959.

ZOCCAL, R. Conjuntura do Mercado Lácteo. Centro de Inteligência do Leite. Juiz de Fora: **Embrapa Gado de Leite**, 2012.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS NÍVEIS DE RUÍDO EM INSTALAÇÕES COMPOST BARN COM DIFERENTES TIPOS DE VENTILAÇÃO MECÂNICA

[1]**Oliveira, Carlos Eduardo Alves** (carlos.oliveira@engagricola.ufla.br), [1]**Damasceno, Flávio Alves** (flavio.damasceno@deg.ufla.br), [1]**Ferraz, Gabriel Araújo e Silva** (gabriel.ferraz@deg.ufla.br), [1]**Nascimento, João Antônio Costa** (jacostadonascimento@zootecnia.ufla.br), [1]**Silva, Thamires Rafael Pinto** (thamiresveterinaria@gmail.com)

[1]**Universidade Federal de Lavras -** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição espacial dos níveis de ruído em instalações do tipo Compost Barn, com dois diferentes sistemas de ventilação mecânica. O estudo foi realizado no mês de abril de 2017, em duas instalações localizadas no munícipio de Madre de Deus – MG, sendo que ambas possuíam ventilação mecânica, com ventiladores de alto volume e baixa rotação (HVLS), e baixo volume e alta rotação (LVHS). Dividiu-se o interior das instalações em 40 pontos, nos quais foram coletados os níveis de ruído, utilizando um Termo-Higro-Decibelímetro-Luxímetro Digital, sendo as coletadas realizadas no período da tarde. Utilizou-se a técnica de geoestatística para a análise da dependência e distribuição espacial dos níveis de ruído no interior das instalações. A partir do uso da técnica de krigagem ordinária, foram gerados mapas de distbuição espacial do ruído no interior das instalações. Os resultados alcançados possibilitaram verificar a ocorrência de forte dependência espacial entre os pontos de coleta para ambas instalações, bem como valores expressivos de alcance. Em relação a distribuição espacial dos níveis de ruído, verificou-se a ocorrência de baixa variabilidade para a instalação com ventilador do tipo HVLS, e considerável variabilidade espacial para a instalação com ventilação do tipo LVHS.

Palavras Chave: pecuária leiteira, pressão sonona, análise espacial, compostagem.

SPATIAL DISTRIBUTION OF THE NOISE LEVELS IN INSTALLATIONS COMPOST BARN WITH DIFFERENT TYPES OF MECHANICAL VENTILATION

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the spatial distribution of the noise levels in the Compost Barn type facilities, with two different mechanical ventilation systems. The study was conducted in april 2017, in two facilities located in the municipality of mother of God – MG, and both had mechanical ventilation with fans high volume and low speed (HVLS), and a low volume and high speed (LVHS). Divided the interior of the premises at 40 points, in which noise levels were collected using a Thermo-Hygro-Decibelimeter-Luximeter Digital, being the collected held in the afternoon. We used the technique of geostatistics for the analysis of dependence and spatial distribution of the noise levels inside the premises. From the use of the technique of ordinary kriging, spatial distbuição maps were generated from the noise inside the premises. The results obtained made it possible to verify the occurrence of strong spatial dependence between the collecting points to both facilities, as well as significant values of range. Regarding the spatial distribution of the noise levels, it was found that the occurrence of low variability for installation with HVLS fan, and considerable spatial variability for installation with LVHS type ventilation.

Keywords: dairy farming, sound pressure, spatial analysis, composting.

1. INTRODUÇÃO

Com a demanda crescente na produção leiteira no Brasil e no mundo, são necessários cada vez mais dedicação e investimentos na atividade. Para que se alcancem resultados satisfatórios, os produtores se deparam com diversos desafios, uma vez que fatores como estrutura física, ambiente térmico, manejo, entre outros, apresentam implicações diretas sobre a produtividade do rebanho. A estrutura física disponível apresenta elevada importância na atividade, haja visto que instalações bem dimensionadas propiciam melhores condições de conforto aos animais, possibilitando o aumento da produtividade (COSTA, 2014).

O Compost Barn trata-se de um novo sistema de alojamento para o rebanho leiteiro, que vem ganhando bastante destaque ente produtores, laticínios, e a comunidade científica como um todo. Tal sistema apresenta como princípio o alojamento de animais de alta produtividade em instalações onde permanecem soltos sobre material macio e confortável, possibilitando melhorias no conforto e bem-estar, ganhos em produtividade e sanidade, redução dos custos de produção do rebanho, assim como a correta destinação dos dejetos orgânicos, através da compostagem (DAMASCENO, 2012; BRITO, 2016).

A implantação de um Compost Barn deverá considerar diversos fatores, sendo um dos mais importantes a escolha do sistema de ventilação adequado à mesma, haja vista a importância da mesma para o correto funcionamento do sistema, através da manutenção de ambiente confortável aos animais, remoção de gases e calor, e secagem da cama (DAMASCENO, 2012).

De acordo com LESO (2015), para instalações onde não é possível alcançar-se de forma natural o volume de ar necessário à promoção do conforto aos animais e à secagem da cama, utiliza-se como solução prioritária a ventilação mecânica, sendo que os principais tipos de ventiladores utilizados nas instalações são o de alto volume e baixa rotação (HVLS) e baixo volume e alta rotação (LVHS). Entretanto, em se tratando dos sistemas de ventilação utilizados, não há existência ou disponibilidade de informações acerca do efeito da instalação de tais equipamentos nas instalações, no que se refere às perturbações no ambiente.

As técnicas de geoestatística tem sido muito utilizada para o entendimento da aparente aleatoriedade entre os dados, podendo apresentar uma estruturação espacial, estabelecendo uma dependência espacial (YAMAMOTO e LANDIM, 2013). De acordo com MEDEIROS et al. (2014), o uso da ferramenta de geoestatística torna possível a interpretação dos resultados baseados em sua variabilidade espacial, a partir da modelagem de dependência espacial das variáveis através de sua semivariância.

Ante o exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a distribuição espacial dos níveis de ruído no interior de instalações Compost Barn, com dois diferentes sistemas de ventilação mecânica, utilizando a técnica de geoestatística.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em duas fazendas localizadas no munícipio de Madre de Deus de Mina – MG, durante o mês de Abril de 2017. Tais fazendas localizam-se na Mesorregião do Vale das Vertentes, latitude 21° 29’ 2” S, longitude 44° 19’ 58” O e altitude 985 m, com clima, conforme a classificação de Köppen, classificado como Cwa (temperado úmido, com inverno seco e verão chuvoso, subtropical, com inverno seco e temperatura do mês mais quente maior que 22 °C).

Ambas instalações se localizavam em duas propriedades próximas entre si (menos de 5 km). A primeira instalação apresentava as seguintes características construtivas: dimensões de 17,40 m de largura e 48,50 m de comprimento (medidas internas), pé-direito de 4,20 m, telhado em duas águas, com estrutura e cobertura em material metálico. A segunda instalação apresentava as seguintes características construtivas: dimensões de 17,00 m de

largura e 33,10 m de comprimento (medidas internas), pé-direito de 4,60 m, telhado em duas águas, apresentado estrutura e cobertura em telhas metálicas. As duas instalações apresentavam ventilação mecânica, sendo que a primeira apresentava em seu interior ventiladores de alto volume e baixa rotação (HVLS) e a segunda ventiladores de baixo volume e alta rotação (LVHS), respectivamente. Nas duas instalações, o material de cama era serragem de madeira, apresentando espessura de 0,40 m (aproximadamente).

Dividiu-se o interior em malhas com 40 pontos equidistantes, nos quais foram coletados os níveis de ruído, sendo tais coletados utilizando um termo-higro-decibelímetro-luxímetro digital portátil, modelo THDL-400, com capacidade de coleta de níveis entre 35 e 130 dB (±0,1 dB). As coletas foram realizadas à altura de 1,1 m.

Utilizou-se a técnica de geoestatística para verificação da distribuição espacial dos níveis de ruído, predizer os níveis em pontos não amostrados e analisar a ocorrência dependência espacial. Para realização de tal análise foi utilizado o sistema computacional R Development Core Team (2015), através da biblioteca geoR (RIBEIRO JUNIOR e DIGGLE, 2001).

Ajustes de semivariograma e interpolação por krigagem ordinário foram realizados para verificação da ocorrência de dependência espacial. Os semivariogramas foram estimados através da Equação 1 (BACHMAIER e BACKERS, 2008):

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} \left[Z(X_i) - Z(X_i + h) \right]^2 \quad (1)$$

Em que: N (h) corresponde ao número de pares experimentais de observações Z (Xi) e Z (Xi + h) separados por uma certa distância h.

Conforme descrito por BACHMAIER e BACKERS (2008), os coeficientes do modelo teórico para semivariograma, chamados de efeito pepita - C0, patamar – $C_0 + C_1$, e o alcance – a, foram obtidos a partir de um modelo matemático para os valores calculados de $\hat{\gamma}(h)$. A dependência espacial do nível de ruído foi determinada através da razão entre o efeito pepita (C_0) e o patamar ($C_0 + C_1$), multiplicando por 100. Utilizou-se a classificação de CAMBARDELLA *et al.* (1994) para análise desta dependência espacial. Conforme essa classificação, classificam-se como forte dependência espacial os semivariogramas que têm efeito pepita inferior a 25% do patamar, como moderado entre 25% e 75% e baixo quando superior a 75%.

Utilizou-se o método de Máxima Verossimilhança Restrita (REML) para o ajuste do semivariograma, sendo este indicado para pequenos agrupamentos de dados (MARCHANT e LARK, 2007). Os modelos testados para ajuste do semivariograma experimental foram os modelos Gaussiano e Esférico.

Para a visualização dos níveis de ruído no interior das instalações, foi realizada a interpolação ordinária dos dados, por intermédio da técnica de krigagem. A partir dos resultados da interpolação foram gerados mapas de superfície de resposta, utilizando-se o software ArqGIS®, de licença do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme pode-se verificar pela Tabela 1, para as instalações avaliados, os semivariogramas se ajustaram ao Modelo Esférico. Utilizando a classificação sugerida por CAMBARDELLA et al. (1994), verifica-se a ocorrência de forte dependência espacial entre os pontos de coleta, sendo verificados GDE's iguais a 0,00%, para ambas as instalações. Quanto ao alcance, referente a extensão espacial com que a variável ruído se correlaciona (CRESSIE, 1993), para ambas instalações foram verificados valores expressivos, sendo o maior valor referente a instalação provida de ventilação mecânica do tipo LVHS, seguido

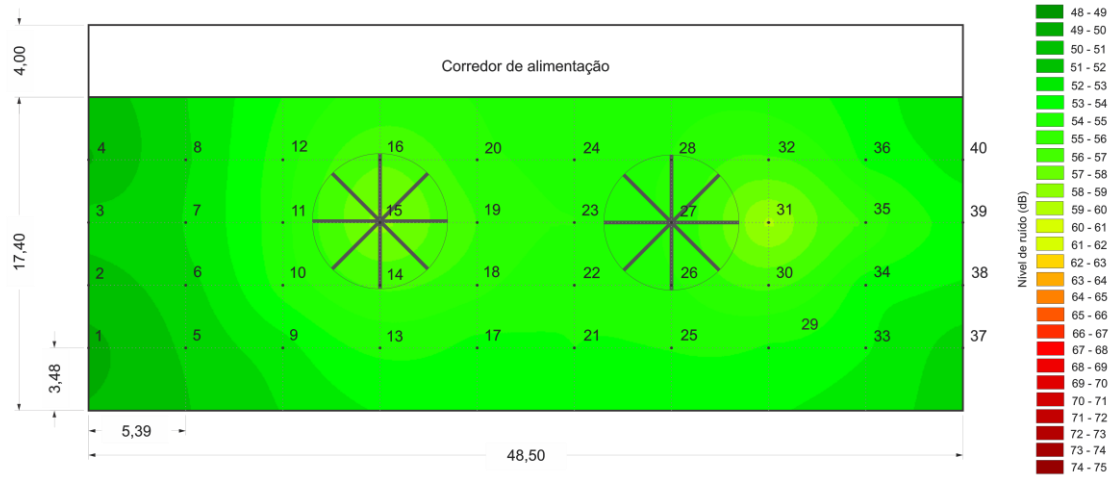
pela instalação com ventilação do tipo HVLS, apresentado valores iguais a 35,901 m e 19,173 m, respectivamente. A partir destes valores, pôde-se analisar que a ventilação do tipo LVHS propiciou a ocorrência de maior valor de alcance, podendo tal fato ser explicado por este apresentar alta rotação, fazendo com que o ruído oriundo de sua rotação alcance pontos localizadas à consideráveis distância.

Tabela 1. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para níveis de ruído das instalações avaliadas.

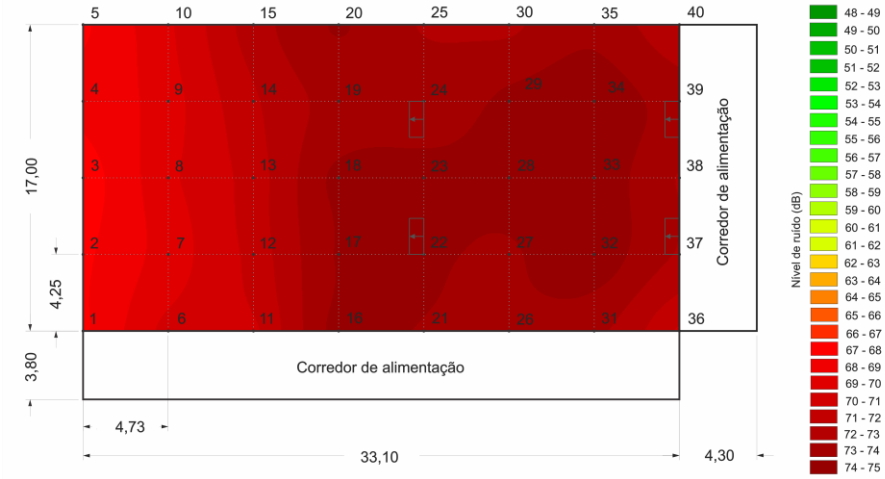
Instalação	Ventilação	Método	Modelo	C_0	C_1	$C_0 + C_1$	a	GDE
1	HVLS	REML	Esférico	0,000	3,776	3,776	19,173	0,000
2	LVHS	REML	Esférico	0,000	3,904	3,904	35,901	0,000

(*) C_0 – Efeito Pepita; C_1 – Contribuição; $C_0 + C_1$ – Patamar; a – Alcance prático; e GDE – Grau de dependência espacial

A partir dos dados coletados e utilizando a técnica de krigagem, propiciou-se predizer os valores de ruído para pontos não amostrados no interior das instalações avaliadas, sendo gerados mapas de distribuição espacial, para as instalações avaliadas (Figura 1).



(a)



(b)

Figura 1. Distribuição espacial do nível de ruído no interior de instalações com diferentes tipos de ventilação: (a) HVLS e (b) LVHS. * Cotas das instalações em metros (m).

Conforme pode-se verificar pela Figura 1, houve variação do nível de ruído no interior de ambas instalações, sendo os valores mais expressivos observados no interior da instalação com ventilação mecânica do tipo LVHS, com valores variando entre 67 e 75 dB (Figura 1b). A ocorrência de valores mais elevados no interior de tal instalação indica que a presença de ventiladores de alta rotação ocasiona a elevação do nível de ruído. Os níveis de ruído mais elevados (entre 74 e 75 dB), foram observados para locais próximos ou na própria linha de atuação dos ventiladores, bem como entrada para o corredor de alimentação, indicativo que estes foram ocasionados tanto pela presença da ventilação mecânica, como pela presença dos animais no corredor de alimentação.

Para a instalação com presença de ventilação mecânica do tipo HVLS foram verificados valores de ruído variando entre 48 e 55 dB, com os valores mais expressivos localizados em pontos próximos ao abaixo da localização dos ventiladores. Observa-se ainda a ocorrência de elevada uniformidade de distribuição, com níveis de ruído entre 53 e 55 dB ocorrendo em grande parte da área da instalação. Para ambas as instalações, os níveis menos elevados foram observados nas extremidades das mesmas, em locais de maior distanciamento da localização dos ventiladores.

De acordo com o Decreto-Lei 135 (BRASIL, 2003), que estabelece as normas mínimas de proteção de suínos alojados, devem ser evitados ruídos súbitos, bem como níveis contínuos iguais ou superiores à 85 dB. No entanto, em se tratando da criação de bovinos alojados não há a existência de uma legislação aplicável, fazendo-se necessários a realização de estudos detalhados, como forma de caracterizar os níveis de ruído no interior das instalações, suas causas e consequências na produção animal, assim como formas de normalizar os mesmos.

Conforme estudos realizados por CARMO (2012), que objetivou realizar a caracterização arquitetônico-ambiental em instalações da pecuária leiteira no estado de Minas Gerais, na condição de acondicionamento térmico ligado (ventilação do tipo LVHS), foram verificados valores médios de nível de ruído iguais a 67, 69 e 72 dB, para instalações do tipo Free-Stall localizadas nos munícipios de Carmo do Rio Claro, Alpinópolis e São João Batista da Glória, respectivamente. Neste trabalho, para a instalação com presença de ventilação do tipo LVHS, foram verificados níveis de ruído conforme os verificados pelo autor.

4. CONCLUSÕES

A utilização da técnica de geoestatística possibilitou verificar a ocorrência de forte dependência espacial entre os pontos amostrados no interior de ambas as instalações. O valor mais expressivo de alcance foi verificado para a instalação com presença de ventilação do tipo LVHS, seguida pela instalação com ventilação do tipo HVLS, apresentando valores iguais a 35,901 m e 19,173 m, respectivamente.

A partir dos mapas obtidos pela interpolação por krigagem ordinária, verificou-se a distribuição espacial dos níveis de ruído no interior das instalações, sendo que a primeira (com ventilação HVLS) apresentou baixa variabilidade espacial, ao passo que a segunda (com ventilação LVHS) apresentou elevada variabilidade espacial. Os valores mais elevados foram verificados para a instalação com ventilação do tipo LVHS, com níveis de ruído variando entre 67 e 75 dB.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte financeiro ao projeto, bem como à SESu/MEC, pela bolsa do Programa de Educação Tutorial.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACHMAIER, M. & BACKERS, M. Variogram or semivariogram? Understanding the variances in a variogram. **Precision Agriculture**, v. 9, 173-175, 2008.

BRASIL. Decreto-Lei n. 135, de 28 de Junho de 2003. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 jun. 2003. 1. série A, n. 147, Pág. 3719.

BRITO, E. C. **Produção intensiva de leite em Compost Barn: Uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade**. 2016, 59 p. Dissertação de Mestrado (Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora – MG

CAMBARDELLA, C. A., MOORMAN, T. B., NOVAK, J. M., PARKIN, T. B., KARLEN, D. L., TURCO, R. F. KONOPKA, A. E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

CARMO, M. A. **Adequação arquitetônica-ambiental do sistema produtivo da pecuária de leite do estado de Minas Gerais com vistas as boas práticas de bem-estar animal**. 2012, 266 p. Tese de Mestrado (Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

COSTA, M. J. R. P.; SILVA, L. C. M. **Boas práticas no manejo: Bezerros leiteiros**. 1. ed. (2. rev.) Jaboticabal: FUNEP, 2014. 51 p.

CRESSIE, N. **Statistics for spatial data**. 1.ed. New York: J. Wiley, 1993. 900 p.

DAMASCENO, F. A. Compost Bedded Pack Barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model. 2012, 404 p. Tese de Doutorado (Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

LESO, L. **Performance and design of an alternative housing system for dairy cows**. Thesis of PhD (Sustainable management of agricultural and forestry resources). 2015, 123 p. Università degli Studi Firenze, Firenze – IT.

MARCHANT, B. P. & LARK, R. M. Robust estimation of the variogram by residual maximum likelihood. **Geoderma**, Amsterdam, v. 140, p. 62–72, 2007.

MEDEIROS, B. B. L., MOURA, D. J., MASSARI, J. M., CARVALHO, T. M. R., MAIA, A. P. A. Uso de geoestatística na avaliação de variáveis ambientais em galpão de suínos criados em sistema 'wean to finish' na fase de terminação. **Engenharia Agrícola**, v. 34, p. 800-811, 2014.

R: a language and environment for statistical computing. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em 20 de maio de 2017.

RIBEIRO JUNIOR, P. J., DIGGLE, P. J. GeoR: a package for geostatistical analysis. **R-News**, 1:14-18, 2001.

YAMAMOTO, J. K. & LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. 1.ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2013. 215p.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E PROCESSAMENTO DE GRÃOS DE NÍGER VISANDO-O COMO MATÉRIA PRIMA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

[1]**Araújo, Bárbara Lemes Outeiro** (barbara@oleo.ufla.br), [1]**Santos, Denilson Costa** (denilson.santos@agronomia.ufla.br), [1]**Moreira, Kátia Soares** (katiasoaresmoreira@hotmail.com), [1]**Rios, Paula de Almeida** (paulariosagricola@gmail.com) [1]**Oliveira, Filipe da Silva** (filipeoliveira@id.uff.br), [1]**Andrade, Ednilton Tavares** (ednilton@deg.ufla.br)

[1]**Universidade Federal de Lavras -** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: A porcentagem de biodiesel adicionado ao diesel aumenta a cada ano, promovendo a busca por plantas potencialmente produtoras de óleo. O niger (*Guizotia abyssinica),*destaca-se como fonte promissora, por seus grãos conterem alto teor lipídico. Diante da escassez de informações sobre essa oleaginosa, o objetivo deste trabalho foi a caracterização físico-química e o processamento dos grãos, como também a qualidade do óleo, avaliando-o como matéria prima para produção de biodiesel. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Lavras, onde foram feitas análises dimensionais dos grãos, peso de mil sementes, massa específica, teor de água e de óleo, e o processamento destes com extratora mecânica tipo expeller, determinando posteriormente o índice de acidez (IA), saponificação (IS), refração (IR), iodo (II) e peróxido (IP) do óleo. As médias das medições de comprimento, largura e espessura, e o peso de mil sementes foram respectivamente de 4,500 mm, 1,344 mm, 1,109mm e 3,63g. A massa específica média do níger foi de 587,28 $kg.m^{-3}$, o teor de água 4,88% (b.s) e alto teor lipídico de 35,37%. As análises de qualidade do óleo tiveram como resultados 6,75 mg de $NaOH.g^{-1}$ (IA), 191,01 mg de $base.g^{-1}$ (IS), 24,03 nD (IR), 38,22 I_2 $g.100g^{-1}$ (II) e 3,92 $meq.kg^{-1}$ (IP), que estão dentro das especificações estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

Palavras Chave: Oleaginosa; Biocombustível; *Guizotia abyssinica*; Óleo.

PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERIZATION AND PROCESSING OF NIGER GRAINS, LOOKING IT AS RAW MATERIAL FOR BIODIESEL PRODUCTION

ABSTRACT: The percentage of biodiesel added to diesel fuel increases each year, promoting the search for potentially oil producing plants. Niger (Guizotia abyssinica) stands out as a promising source, because its grains have high lipid content. Given the scarcity of information on this oilseed, the objective of this work was the physical-chemical characterization and processing of the grains, as well as the oil quality, evaluating it as a raw material for biodiesel production. The experiment was carried out at the Federal University of Lavras, where the grain size, weight of a thousand seeds, specific mass, water content and oil content were analyzed, as well as their processing with an expeller mechanical extractor. IA), saponification (IS), refraction (IR), iodine (II) and peroxide (IP) of the oil. The averages of the measurements of length, width and thickness, and the weight of one thousand seeds were respectively 4,500 mm, 1,344 mm, 1,109 mm and 3,63 g. The mean specific mass of Niger was 587.28 $kg.m^{-3}$, the water content was 4.88% (b.s) and a high lipid content of 35.37%. The oil quality analyzes resulted in 6.75 mg $NaOH.g^{-1}$ (IA), 191.01 mg $base.g^{-1}$ (IS), 24.03 nD (IR), 38.22 $I_2g.100g^{-1}$ (II) and 3.92 $meq.kg^{-1}$ (IP), which are within the specifications established by the National Agency for Petroleum, Natural Gas and Biofuels.

Keywords: Oleaginous; Biofuels; Guizotia abyssinica; Oil.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil por ter uma grande diversidade de oleaginosas, geografia e clima favorável, com pouca variação da temperatura anual e regularidade de chuvas, têm grandes vantagens para produção de biodiesel. Atualmente é o quarto maior produtor do mundo de biodiesel, atrás apenas da Alemanha, Estados Unidos e França, respectivamente o primeiro, segundo e o terceiro colocados. Uma análise do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) revela que a soja continua sendo a principal matéria-prima utilizada, correspondendo a cerca de 77,9% da produção nacional em março de 2011, seguida do sebo bovino em 16,15%, do óleo de algodão em 3,50% e de outras matérias-primas, que contribuem com apenas 2,45% do total (RAMOS et al., 2011). Com a criação do PNPB a quantidade deste biocombustível adicionado no diesel aumenta a cada ano, sendo que em 2017 foi instaurado 8% no diesel comum (B8), podendo chegar à 10% (B10) até o final de 2019. Além das vantagens ambientais deste combustível proveniente de fontes renováveis, há o favorecimento dos pequenos produtores e o aumento da busca por plantas potencialmente produtoras de óleo.

O niger (*Guizotia abyssinica),* dentre as espécies com potencial comercial para a obtenção de biodiesel, destaca-se como fonte promissora. É uma herbácea anual, pertencente à família Asteraceae, originária da África tropical, com maior concentração das espécies na Etiópia, mas também pode ser encontrada na Índia e em outros países da África e da Ásia. As plantas desta oleaginosa podem ser utilizadas na alimentação de ovinos, enquanto aos bovinos é fornecida como silagem, como também ser usadas na bordadura dos campos de cereais para evitar que animais danifiquem a produção. A espécie é promissora como adubo verde e para a produção de fitomassa, quando utilizada como cobertura do solo no outono/inverno, proporcionando incrementos de matéria orgânica na área. Os grãos possuem de 30 a 40% de óleo, sendo utilizado na alimentação e na fabricação de tintas e sabonetes, DUKE (1983); GETINET e SHARMA (1996); CARNEIRO et al. (2008); SARIN et al. (2009).

De acordo com o alto teor lipídico e a escassez de informações sobre o níger, este trabalho teve como objetivo a caracterização físico-química do óleo, processamento dos grãos, como também a qualificação do óleo, avaliando-o como matéria prima para produção de biodiesel.

2. METODOLOGIA

As amostras foram provenientes do campus experimental da Universidade Federal de Lavras-MG, as quais foram processadas e analisadas no Laboratório de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel do Departamento de Engenharia. Para a avaliação físico-química dos grãos foram feitas análises dimensionais, peso de mil sementes, massa específica, teor de água e teor de óleo.

Na medição das dimensões do níger foram determinados o comprimento, a largura e a espessura de 200 sementes com auxílio de paquímetro digital (0,01 mm). O peso de mil sementes foi feito a partir da contagem de oito subamostras de 100 unidades, tomadas ao acaso, sendo os valores expressos em gramas, conforme BRASIL (2009). Na determinação da massa específica aparente dos grãos utilizou-se o equipamento hectolitro, em quatro repetições.

O teor de óleo foi definido por meio de extração química com solvente orgânico hexano, no equipamento tipo soxhlet. A quantificação lipídica, bem como o teor de água foram feitas em quadriplicata e de acordo com a metodologia ADOLFO LUTZ (2008).

Posteriormente a avaliação física dos grãos, foi feito o processamento destes e em seguida análises da qualidade do óleo.

Para o processamento do niger foi utilizada extratora mecância tipo *expeller* para a obtenção do óleo e determinada a eficiência de extração. Nas análises qualitativas do óleo

foram feitos os índices de acidez, saponificação, refração, iodo e peróxido ADOLFO LUTZ (2008a).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para os valores médios do peso de mil sementes, massa específica, teor de água e de óleo estão apresentados na Tabela 1 e as dimensões dos grãos com devio padrão (S) e coeficiente de variância (S^2) na Tabela 2. GORDIN et al. (2012) obteve os valores de 4,21g e 8,3% para o peso de mil sementes e teor de água, respectivamente, superiores aos determinados neste trabalho. A redução no teor de água influencia as propriedades físicas das sementes, proporcionando o aumento da massa especifica aparente. Os grãos avaliados tiverem dimensões semelhantes entre si, também verificado por este autor. Em geral, as sementes de niger são pouco angulosas, com seção longitudinal obovada afilando gradativamente em direção a base, e seção transversal elíptica. Externamente são lisas, glabras, negras, sem papus, costelas, rostro ou bordos alados. BARROSO et al. (1999). SARIN et al. (2009a) afirmam que as sementes de níger podem variar de 30 à 50% de teor lipídico em massa, compatível com a porcentagem determinada neste trabalho de 35,37%.

Tabela 1. Valores médios das análises físico-químicas dos grãos

Peso de mil sementes (g)	3,63
Massa específica ($kg.m^{-3}$)	587,28
Teor de água (% b.s)	4,88
Teor de óleo (% m/m)	35,37

Tabela 2. Valores médios das dimensões dos grãos

	Média	S	S^2
Comprimento (mm)	4,500	0,3975	0,0884
Largura (mm)	1,344	0,1984	0,1476
Espessura (mm)	1,109	0,1556	0,1403

A extração mecânica do óleo apresentou 53,87% de eficiência, retirando 19,05% de lipídeos dos grãos. Na Tabela 3 estão os resultados das análises de qualidade do óleo de niger.

Tabela 3. Análises qualitativas do óleo de níger

Índice de Acidez (mg de $NaOH.g^{-1}$)	6,74
Índice de Saponificação (mg de $base.g^{-1}$)	191,01
Índice de Refração (nD)	24,03
Índice de Iodo (I_2 $g.100g^{-1}$)	38,22
Índice de Peróxido ($meq.kg^{-1}$)	3,92

De acordo com os parâmetros que caracterizam a qualidade dos óleos brutos estabelecidos pela ANVISA (1999), os índices do óleo estão dentro do padrão ideal de qualidade, como também nas especificações estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis ANP (2015). BESSA et al. (2008) obteve índice de acidez de 2,04% e de saponificação de 191,12 $mg.g^{-1}$, valores semelhantes aos encontrados nesse trabalho.

4. CONCLUSÃO

Os grãos de niger apresentaram uma uniformidade dimensional, baixo teor de água e alto teor lipídico, respectivamente de 4,88% (b.s) e 35,37%. A qualidade do óleo determinada está dentro do padrão como matéria prima para a produção de biodiesel. O índice de acidez, uma das análises principais para viabilidade desse biocombustível, apresentou 6,75 mg de $NaOH.g^{-1}$, dentro das especificações ideais de qualidade.

5. AGRADECIMENTOS

À CAPES e ao CNPq pelo auxílio financeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional do Petróleo. **Resolução ANP Nº 51** de 25 de novembro de 2015.

ANVISA – Órgão Nacional da Vigilância Sanitária - **www.anvisa.gov.br**. resolução n° 482 de 23/08/1999.

BESSA, O. R. et al. Rendimento de extração mecânico: química e caracterização físico: química do óleo de niger (Guizotia abyssinica). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 5., 2008, Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 2008.

BARROSO, G.M.; MORIM, M.P.; PEIXOTO, A.L.; ICHASSO, C.L.F. Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa: Editora UFV, 443p. 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

CARNEIRO, M. A. C.; CORDEIRO, M. A. S.; ASSIS, P. C. R.; MORAES, E. S.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 455-462, 2008.

DUKE, J.A. *Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass**.** 1983. In: **Handbook of energy crops**. Disponível em: www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Guizotia_abyssinica.html Acesso em 04 jun. 2015.

GETINET, A.; SHARMA, S. M. **Niger (*Guizotia abyssinica* (L. f.) Cass. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 5.** Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 59 p., 1996.

GORDIN, C. R. B.; MARQUES, R. F. M.; MASETTO, T. E.; SCALON, S. P. Q. Germinação, biometria de sementes e morfologia de plântulas de Guizotia abyssinica Cass. Revista Brasileira de Sementes, v. 34, n. 4 p. 619-627, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTS. Métodos físico-químicos para análise de alimentos - coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paul Tiglea – São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, p. 1020.

RAMOS, L. P.; SILVA, F. R., MANGRICH, A. S., CORDEIRO, C. S. Tecnologias de Produção de Biodiesel. **Revista Virtual de Quimica,** v.3, No. 5 385-405, 2011.

SARIN, R.; SHARMA, M. & KHAN, A. A. Studies on *Guizotia abyssinica* L. oil: Biodiesel synthesis and process optimization. **Bioresource Technology,** v. 100, p. 4187-4192, 2009.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE ÓLEO RESIDUAL DE SOJA E SEBO BOVINO

[1]**Araújo, Bárbara Lemes Outeiro** (barbara@oleo.ufla.br), [1]**Santos, Denilson Costa** (denilson.santos@agronomia.ufla.br), [1]**Rios, Paula de Almeida** (paulariosagricola@gmail.com), [1]**Moreira, Kátia Soares** (katiasoaresmoreira@hotmail.com) [1]**Oliveira, Filipe da Silva** (filipeoliveira@id.uff.br), [1]**Andrade, Ednilton Tavares** (ednilton@deg.ufla.br)

[1]**Universidade Federal de Lavras -** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: O biodiesel é um biocombustível renovável que tem se destacado como alternativa de energia, a fim de substituir ou diminuir o uso de combustível fóssil, tendo comumente como matéria-prima óleos vegetais e gorduras animais. Um dos entraves que contribui para tornar o biodiesel um combustível não competitivo economicamente está relacionado ao elevado custo dos óleos vegetais frente ao diesel de petróleo. Dessa maneira, este trabalho teve como objetivo a produção de biodiesel a partir de óleo residual de soja e sebo bovino, a fim de comparar e determinar alguns índices de qualidade. As amostras foram fornecidas pelo Laboratório de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel do Departamento de Engenharia, da Universidade Federal de Lavras. A produção de biodiesel foi feita via reação de transesterificação catalisada com hidróxido de potássio, em razões molares de 6:1 metanol-óleo por uma hora com temperatura de 50°C. Para a determinação da qualidade dos biodieseis formados, foram feitas análises de índices de acidez (IA), saponificação (IS) e iodo (IO), em quadriplicata, obtendo respectivamente os valores de 0,39 mg de NaOH.g^{-1}, 40,57 mg de base.g^{-1}, 95,78 I_2g.100g^{-1} para o de óleo residual e 0,64 mg de NaOH.g^{-1}, 17,22 mg de base.g^{-1} e 59,37 I_2g.100g^{-1} para o de sebo. Houve diferença significativa nas análises de (IO) e (IS) à 5% de significância pelo teste Tukey.

Palavras Chave: Óleo residual; Biocombustível; Sebo; Qualidade.

PRODUCTION OF BIODIESEL OF RESIDUAL OIL OF SOYBEANS AND BOVINE TALLOW

ABSTRACT: Biodiesel is a renewable biofuel that has stood out as an energy alternative in order to replace or reduce the use of fossil fuel, with commonly used as raw material vegetable oils and animal fats. One of the barriers that makes biodiesel a noncompetitive fuel economically is related to the high cost of vegetable oils versus petroleum diesel. In this way, this work had the objective of producing biodiesel from soybean oil and bovine tallow, in order to compare and determine some quality indices. The samples were supplied by the Laboratory of Oleaginous Plants, Oils, Fats and Biodiesel of the Department of Engineering, Federal University of Lavras. The biodiesel production was carried out via the potassium hydroxide-catalyzed transesterification reaction, in molar ratios of 6: 1 methanol-oil for one hour at a temperature of 50 ° C. In order to determine the quality of the biodiesel formed, acidity (IA), saponification (IS) and iodine (IO) were analyzed in a quadriparet, obtaining, respectively, the values of 0,39 mg NaOH.g^{-1}, 40,57 mg of base.g^{-1}, 95.78 I_2g.100g^{-1} for that of residual oil and 0,64 mg of NaOH.g^{-1}, 17,22 mg of base.g^{-1} and 59,37 I_2g.100g^{-1} for tallow. There was a significant difference in the analyzes of (IO) and (IS) at 5% of significance by the Tukey test.

Keywords: Residual oil; Biofuels; Tallow; Quality.

INTRODUÇÃO

O crescente desenvolvimento social e tecnológico, acompanhado pelo aumento da população mundial, tem resultado em uma grande demanda de energia e aumento da poluição, em especial nos países desenvolvidos. Cerca de 40% de toda a energia consumida no mundo provém do petróleo, do carvão e do gás natural, que são fontes limitadas e com previsão de esgotamento no futuro. Além disso, a queima destes provocam emissões de dióxido e monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e compostos sulfurados, gases que estão largamente associados a problemas como efeito estufa e chuva ácida. Diante desta situação, os biocombustíveis vêm ganhando cada vez mais espaço no mercado, dentre eles o biodiesel PARENTE (2003); KNOTHE et al. (2006).

O biodiesel é um biocombustível renovável que tem se destacado como alternativa de energia, a fim de substituir ou diminuir o uso de combustível fóssil, tendo como matéria-prima óleos vegetais, gorduras animais, entre outras. Segundo PARENTE (2003a) um dos maiores empecilhos que tem contribuído para tornar o biodiesel um combustível não competitivo economicamente diz respeito ao elevado custo dos óleos vegetais frente ao diesel de petróleo. Outro fator de recorrente discussão nos estudos referentes à agrocombustíveis, é a competição entre a produção de biocombustíveis e de alimentos. Dessa maneira pesquisas que reduzam o custo da matéria prima e forneça alternativas que não prejudiquem a indústria alimentícia tornam-se necessárias. Assim, este trabalho teve como objetivo a produção de biodiesel a partir de óleo residual de soja e sebo bovino, a fim de comparar e determinar alguns índices de qualidade.

1. METODOLOGIA

As amostras de sebo bovino e óleo residual foram fornecidas pelo Laboratório de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel do Departamento de Engenharia, da Universidade Federal de Lavras.

A produção de biodiesel foi feita utilizando sebo bovino como matéria prima e óleo de soja residual, por meio de reação de transesterificação catalisada com hidróxido de potássio, em reator encamisado, em razões molares de 6:1 metanol-óleo por uma hora com agitação de 500 rpm e temperatura de 50°C. Posteriormente foi levado para decantação em funil de Squib, separando o biodiesel da glicerina.

Para a determinação da qualidade dos biodieseis formados, foram feitas análises de índices de acidez (IA), saponificação (IS) e iodo (IO) de acordo com as metodologias do Instituto ADOLFO LUTZ (2008), em quadriplicata. Os resultados obtidos para o biodiesel de sebo e de óleo residual, foram avaliados estatisticamente utilizando o programa SISVAR, aplicando o teste Tukey com 5% de significância.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos para as análises de índice de acidez (IA), saponificação (IS) e iodo (IO) do biodiesel de óleo residual de soja e de sebo bovino estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios para as análises de qualidade do biodiesel de óleo residual e de sebo

	Biodiesel de óleo residual de soja		Biodiesel de sebo bovino	
IA (mg de NaOH.g^{-1})	0,39	**a1**	0,64	**a1**
IS (mg de base.g^{-1})	40,57	**a2**	17,22	**a1**
IO (I_2g.100g^{-1})	95,78	**a2**	59,37	**a1**

*Os valores com os mesmos números sobrescritos nas linhas não diferem entre si, em nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

De acordo com a análise estatística à 5% de significância pelo teste Tukey aplicada, o biodiesel de óleo residual diferiu estatisticamente do de sebo, para as análises de índice de saponificação e iodo, obtendo respectivamente, 40,57 mg de base.g^{-1} e 95,78 I_2g.100g^{-1}, 17,22 mg de base.g^{-1} e 59,37 I_2g.100g^{-1}, obtendo a melhor qualidade no segundo.

O índice de iodo é um parâmetro importante por ser um indicativo da quantidade de ácidos graxos insaturados presentes na matéria-prima, que com aquecimento resultam na polimerização de glicerídeos, podendo levar a formação de depósitos, indicando degradação no biodiesel MORETTO (1998); BARTHUS (1999).

Para o biodiesel de óleo residual de soja o índice de acidez foi estatisticamente semelhante ao de sebo, entretanto de acordo com as normativas da legislação ANP nº 14 as especificações estabelecidas obtendo-se de 0,1 a 0,5 mg de NaOH.g^{-1} sendo as máximas dentro do padrão ideial para o biodiesel são de 0,50 mg de KOH.g^{-1}. Segundo VAN GERPEN et al. (2004) este índice mede o teor de ácidos graxos livres que estão contidos em óleos residuais e biodiesel, sendo esses oriundos do processo de produção ou degradação do biodiesel. O alto índice de acidez pode causar deposição de sedimentos no motor e desgaste da bomba e filtro de combustível.

3. CONCLUSÃO

A qualidade do biodiesel de sebo bovino se diferiu estatisticamente para as análises de índice de saponificação e iodo, sendo o valor maior para o de óleo residual. A acidez de ambos não diferiram no teste estatistico, todavia apenas o biodiesel de óleo residual para este parâmetro, está no padrão ideal de acordo com as especificações da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

4. AGRADECIMENTOS

À CAPES e ao CNPq pelo auxílio financeiro.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTHUS, R. C; Dissertação de Mestrado – Aplicação de Métodos Quimiométricos para Análises de Controle de Qualidade de Óleos Vegetais Utilizando Espectroscopias no Infravermelho e Raman. UNICAMP, Campinas – S.P,1999

INSTITUTO ADOLFO LUTZ**. Métodos físico-químicos para análise de alimentos**/ coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea – São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, p. 1020.

KNOTHE, G. *et al.* Manual de Biodiesel. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

MORETTO, E; ALVES, R. F; Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos. 1 a edição. Livraria Varella, São Paulo, 1998.

PARENTE, E. J. S.. *Biodiesel: Uma aventura tecnológica num país engraçado*. Fortaleza, CE Tecbio, , 2003.

Van Gerpen, B Shanks, R Pruszko, D Clements - National Renewable Energy Laboratory, Colorado, 2004.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

Área:

Engenharia Civil

UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE VELOCIMETRIA POR IMAGENS DE PARTÍCULAS (PIV) PARA O ESTUDO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DE PAINÉIS DE MADEIRA COMPENSADA

[1]Miranda, Eduardo (eduardo.miranda@engenharia.ufla.br), **[2]Pereira, Rodrigo** (rodrigo.apereira@deg.ufla.br)

[1]Universidade Federal de Lavras- Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: Várias são as metodologias e técnicas de ensaio capazes de caracterizar os materiais. No entanto, a maioria destas técnicas apresenta problemas como o custo dos equipamentos e dos ensaios. Neste contexto, surgem alternativas quanto a estes problemas, dentre as quais estão as técnicas não destrutivas de ensaio, destacando-se a técnica de velocimetria por imagens de partículas (PIV). O objetivo desta pesquisa foi avaliar o emprego da técnica PIV para medições de deformações em corpos de prova submetidos a ensaio de flexão estática, e por fins de comparação, utilizaram-se também, três relógios comparadores. A técnica PIV mede variações de posição de uma região de análise em um objeto a partir de imagens “antes” e “depois” de uma sessão de carregamento. Os ensaios foram aplicados em painéis de madeira compensada. Com a aplicação de teste “t de *student*” com nível de significância de 1%, verificou-se que as médias de valores advindos da técnica PIV e do relógio comparador foram iguais estatisticamente. Concluiu-se que a técnica PIV foi capaz de fornecer valores de módulo de elasticidade com a mesma precisão dos métodos convencionalmente utilizados.

Palavras Chave: Módulo de elasticidade, Flexão Estática, Técnica não destrutiva.

Use of the particle imaging velocimetry (PIV) technique for the study of the modulus of elasticity of wood panels Compensated

ABSTRACT: There are several methodologies and test techniques capable of characterizing materials. However, most of these techniques exhibit problems such as cost of equipment and testing. In this context, alternatives to these problems emerge, including non-destructive test techniques, especially the particle image velocimetry (PIV) technique. The objective of this study was to evaluate the use of the PIV technique for strain measurements on test specimens subjected to static bending test, and for comparison purposes, three comparator watches were used. The PIV technique measures positional variations of an analysis region on an object from images “before” and “after” a loading session. Tests were applied on Plywood panels. With the application of Student's t-test with a significance level of 1%, it was verified that averages of values derived from the PIV technique and from the comparator clock were statistically similar. It was concluded that the PIV technique was able to provide modulus of elasticity values with the same precision of the conventionally used methods.

Keywords: Elastic modulus, Static flexion, Non-destructive techniques.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material produzido a partir do tecido formado pelas plantas lenhosas com funções de sustentação mecânica. É um material orgânico, sólido, de composição complexa, com predominância química de fibras de celulose e hemicelulose unidas por lignina (Klock et al, 2005). É um material de alta resistência e relativamente leve, comumente utilizado na construção.

Este material possui muitas características atraentes, quando comparado a outros sólidos. Dentre essas, destacam-se o baixo consumo de energia para seu processamento, a alta resistência específica, o bom isolamento térmico e elétrico, além de ser um material com boas propriedades mecânicas, com destaque para o módulo de elasticidade.

O módulo de elasticidade é uma das formas mais comuns de medir a elasticidade de materiais sólidos, como a madeira; é uma medida da rigidez de um material sólido. É um parâmetro fundamental para a engenharia, pois está associado com a descrição de várias outras propriedades mecânicas, como por exemplo, a tensão de escoamento, a tensão de ruptura, a variação de temperatura crítica para a propagação de trincas sob a ação de choque térmico.

Entretanto, as técnicas convencionais de análise do módulo de elasticidade utilizadas atualmente demandam alto tempo de processamento e necessitam de equipamentos específicos, além de grande número de amostras.

Nesse contexto, as técnicas não destrutivas de ensaio (END's) são opções para caracterização desta propriedade mecânica, pois não causam danos permanentes aos corpos de prova, nem demandam materiais de alto custo para serem implementados. Os END's mais usados atualmente são, entre outros, o ultrassom, a radiografia, a análise de vibrações, micro-ondas, emissão acústica e técnicas óticas, destacando-se neste contexto, a Velocimetria por Imagens de Partículas (PIV) (PEREIRA, 2017).

A técnica PIV mede campos de velocidades instantâneas e funciona quando um feixe de laser posicionado perpendicularmente ao escoamento ilumina uma região de interesse. Nos materiais sólidos é utilizada através de uma captura de imagens em intervalos de tempo pré-definidos durante uma fase de carregamento. Estas imagens são processadas em um algoritmo computacional que calcula os deslocamentos ocorridos na superfície do objeto estudado.

Objetivou-se com este estudo a aplicação da técnica PIV para obtenção do módulo de elasticidade em painéis de madeira compensada.

2. METODOLOGIA

Para a realização da pesquisa, foram utilizados 30 painéis de compensado confeccionados na Unidade Experimental em Painéis de Madeira (UEPAM), no Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Os compensados foram confeccionados a partir de madeira de *Pinus Oocarpa*, com 25 anos de idade. Antes das toras serem laminadas, estas foram seccionadas com o auxílio de uma motosserra; posteriormente as toras foram então descascadas e aquecidas em água a uma temperatura de 65 ºC, por um período de 24 horas. Por meio da utilização de um torno laminador, as toras foram processadas, obtendo-se, assim, lâminas com espessura de 2,00 mm. As lâminas foram então guilhotinadas nas dimensões de 0,55 x 0,55m e secas em estufa na temperatura de 60 °C até obter umidade entre 5 e 6%. Os colchões foram formados por sete lâminas cruzadas entre si. Com o emprego de uma serra circular esquadrejadeira, os painéis foram cortados, formando-se corpos de prova para testes de flexão estática, conforme especificações da norma EN 310, sendo posteriormente climatizados a (22 ± 2 ºC) e umidade relativa de (65 ± 5%).

Em seguida, os corpos de prova foram submetidos a ensaio de flexão estática, em uma Máquina Universal de Ensaios, localizada no Laboratório de Resistência de Materiais e

Mecânica de Estruturas, do Departamento de Engenharia da UFLA; tal máquina apresenta capacidade de carga de 30 toneladas-força.

Utilizou-se a técnica PIV para medição da deformação ocorrida nos corpos de prova durante os ensaios de flexão estática. Com base na norma ASTM D143-94, com os valores de deformação, carga aplicada, distância entre apoios e características geométricas da seção transversal, foi possível a obtenção do módulo de elasticidade dos corpos de prova ensaiados.

Para a execução da técnica PIV, os corpos de prova foram marcados com caneta tipo ponta fina, sendo os pontos de marcação distribuídos aleatoriamente por toda a superfície. Para fins de comparação, foram adicionados três relógios comparadores para encontrar os valores de deslocamento da madeira em diferentes corpos de prova.

A aplicação da técnica PIV consiste em capturar imagens consecutivas durante a sessão de carregamento. Para obtenção das imagens foi utilizada uma câmera profissional (CANON EOS Rebel T3), alocada perpendicularmente à superfície da amostra (25 cm de distância), sendo essas imagens feitas em intervalos de 30 segundos, após o acionamento da Máquina Universal de Ensaios, conforme explicita a Figura 1.

Figura 1. Vista geral da Máquina Universal de Ensaio, da instrumentação do ensaio de flexão estática para a aplicação da técnica PIV e dos materiais ensaiados.

Após a captura, as imagens foram processadas para redução de seu tamanho de armazenamento, o que auxilia para que o tempo de processamento das imagens no algoritmo PIV, no software livre GNU Octave, seja reduzido.

Desse modo, foram plotados dois gráficos “Carga x Deformação” para cada corpo de prova, um deles obtido pela técnica PIV e o outro pelas deformações do relógio comparador, possibilitando assim a determinação do módulo de elasticidade pela técnica PIV e pelos valores encontrados no relógio comparador.

Aplicou-se uma análise estatística por meio do teste “t de *Student*” com 99% de confiança para comparação das médias dos módulos de elasticidade obtidos pela técnica PIV e pelo relógio comparador.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos ensaios de flexão estática, demonstrado pela Figura 2, foram obtidos dois conjuntos de informações, um empregando a técnica PIV e outro pelo relógio comparador. Por estes conjuntos, pode ser criado um gráfico de “Força x Deslocamento”, a fim de calcular o módulo de elasticidade pelos dois métodos.

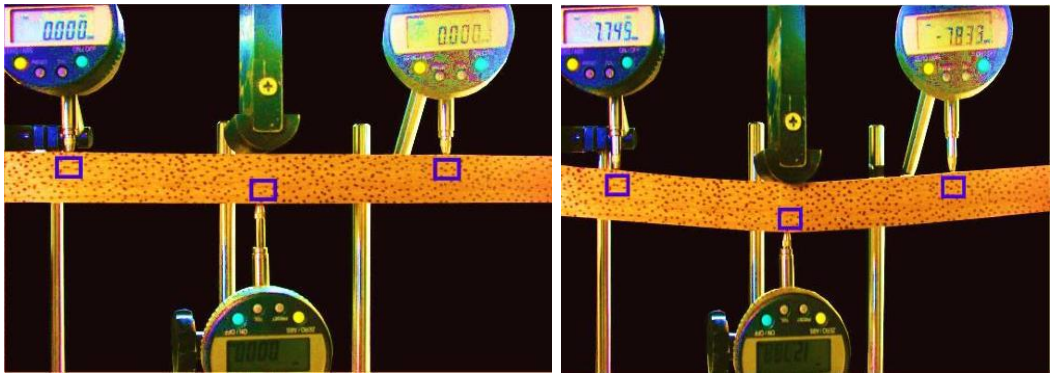


Figura 2. Deslocamento das janelas de interrogação durante os ensaios.

Os resultados para o módulo de elasticidade de painéis de compensado, respectivamente representados pelo relógio comparador e pela técnica PIV foram de 10.481,2 e 11.094,3 MPa.

A partir da comparação estatística, os módulos de elasticidade médios calculados pelos dois métodos foram iguais estatisticamente, segundo o teste “t de *Student*” com 1% de confiança para comparação das médias. Esse resultado indica a precisão e confiabilidade da técnica PIV frente a um método convencionalmente utilizado.

Outros autores já utilizaram técnicas não destrutivas para obtenção do módulo de elasticidade, como Targa, Ballarin e Biaggioni (2005), que usaram o método de vibração transversal em espécies de eucalipto, encontrando valores médios de 22.420 MPa para *Eucalyptus citriodora* e 15.285 MPa para *Eucalyptus saligna*; já Ballarin e Nogueira (2005), aplicaram o método de ultra-som para inferir sobre o módulo de elasticidade de madeira de *Pinus Taeda*, encontrando valores médios de 8.418 MPa para madeira juvenil e 13.376 MPa para madeira adulta.

Outras pesquisas obtiveram resultados semelhantes aos mostrados acima, como por exemplo, Palma (1997), que obteve valores de 11204,5 MPa para módulo de Young, número muito próximo do maior valor encontrado nesta pesquisa.

4. CONCLUSÕES

Os resultados desta pesquisa permitem concluir que os valores de módulo de elasticidade obtidos pelas duas técnicas, PIV e relógio comparador, não diferem estatisticamente. Os valores médios de módulo de elasticidade encontrados com a aplicação do método convencional e pela técnica PIV, foram respectivamente de 10.481,2 e 11.094,3 MPa para os painéis de compensado.

A técnica PIV mostrou-se capaz de caracterizar painel de madeira compensada com precisão. Dessa forma, sugere-se que ela seja utilizada na caracterização propriedades mecânicas de outros materiais sólidos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Klock, U. et al. **Química da Madeira** - Manual Didático, Curitiba, 2005.

PEREIRA, R. A. **Velocimetria por imagens de partículas aplicadas ao estudo de deformações em madeira serrada e painéis de madeira**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2017. Tese de Pós-Graduação.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 310**: wood based panels – determination of modulus of elasticity and modulus of rupture in static bending. Brussels, 1993.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-143**: standard methods of testing small clear specimens of timber. 1994. part 16, p. 251-254.

Targa, L.A.; Ballarin, A.W.; Biaggioni, M.A.M. Avaliação do módulo de elasticidade da madeira com uso de método não-destrutivo de vibração transversal **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, 2005. vol.25 no.2.

Ballarin, A.W.; Nogueira M. Determinação do módulo de elasticidade da madeira juvenil e adulta de Pinus taeda por ultra-som. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, 2005. vol.25 no.1.

PALMA, H. C. L. Determinação de propriedades elásticas e de resistência em compensados de Pinus elliottii. **SCIENTIA FORESTALIS**, Botucatu, 1997. n. 51, p. 37-48.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores deste resumo expandido são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

AVALIAÇÃO DE CRITÉRIOS DE CONFORTO ACÚSTICO EM SALA DE AULA

[1]**Pinto, Amanda N. S.** (soupin.amanda@gmail.com.br), [1]**Ribeiro, Priscilla A. P.** (priscilla.ribeiro@deg.ufla.br), [1]**Souza, Jéssica S.** (jessicassgp@hotmail.com)

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: A qualidade das atividades de aprendizado é altamente dependente das condições acústicas do ambiente de ensino. Este trabalho objetivou a avaliação de critérios de conforto acústico tais como: ruído de fundo, relação sinal/ruído e tempo de reverberação, e a comparação dos resultados com os valores de referência presentes na literatura. A avaliação foi feita em uma sala da Universidade Federal de Lavras localizada em área de grande movimentação de pessoas e veículos. A coleta dos dados de pressão sonora foi feita usando um decibelímetro e o tempo de reverberação foi calculado pela equação de Sabine. As três avaliações mostram valores fora dos recomendados, podendo-se assim estar comprometendo o processo de aprendizagem e a comunicação professor-aluno.

Palavras Chave: pressão sonora; ruído de fundo; relação sinal/ruído; tempo de reverberação; sala de aula.

EVALUATION OF ACOUSTIC COMFORT CRITERIA IN A CLASSROOM

ABSTRACT: The quality of learning activities is highly dependent on the acoustic conditions of the teaching environment. This study aimed the evaluation of acoustic comfort criteria such as: background noise, signal-to-noise ratio and reverberation time, and the comparison of the results with reference values in the literature. The evaluation was made in a classroom of the Universidade Federal de Lavras located in an area of great movement of people and vehicles. The sound pressure data was collected using a sound level meter and the reverberation time was calculated by the Sabine equation. The three evaluations show values outside the recommended ones. Therefore, the learning process and the teacher-student communication are compromised.

Keywords: sound pressure; background noise; signal-to-noise ratio; reverberation time; classroom.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos intensificou-se o nível de ruído urbano devido ao desenvolvimento tecnológico, aos problemas de trânsito e ao crescimento desordenado das cidades. Este fato pode contribuir negativamente na qualidade de vida dos cidadãos. Diante desta situação, o estudo do conforto acústico busca contribuições para a melhoria da qualidade de vida das pessoas, fornecendo soluções para os diferentes tipos de construções, como por exemplo, escolas e universidades.

No caso das salas de aula em particular, a maior parte do ensino é transmitida através da comunicação oral, sendo a fala e a audição as bases para toda essa comunicação. A Organização Mundial de Saúde (OMS) afirma que a inadequação acústica acarreta prejuízos ao desempenho humano e causa danos à saúde geral do indivíduo (WHO, 1980). Segundo DREOSSI (2004), prejuízos físicos, emocionais e educacionais podem ser causados por altos níveis de ruído de fundo. Estes também podem causar alterações nos limiares de audição e cansaço, pois o aluno precisa despender um esforço maior para se concentrar e o professor terá um esforço maior para manter sua voz em intensidade suficiente para ser ouvido.

ZANNIN e MARCON (2007) afirmam que há um consenso entre os pesquisadores que ruído de fundo ou nível de pressão sonoro ambiental (NPS), provindo de diversas fontes sonoras, é o parâmetro de maior relevância quanto ao incômodo acústico nas salas de aula. O ruído de fundo é caracterizado como todo ruído além da voz do professor, e esse pode ser minimizado de acordo com a tipologia do projeto, forma do ambiente, interferências entre salas e localização de atividades ruidosas. A NBR 10152 - Níveis de ruído para conforto acústico (ABNT, 1987) cita os limites de 40 a 50 dB(A) como limites aceitáveis para o conforto acústico no ambiente de aprendizado, valores superiores a esses são considerados de desconforto, sem implicar necessariamente em danos à saúde.

A diferença entre a intensidade do sinal da fonte sonora e do ruído de fundo é chamada de relação sinal/ ruído (SNR). O cálculo dessa relação pode ser dado subtraindo-se o sinal (voz do professor), do ruído de fundo (PICARD; BRADLEY, 2001). BRADLEY (2002) em seu trabalho estipula como ideal o valor da SNR de +15dB para salas de aula. A norma internacional ANSI S12.60 (2002) adotou este valor recomendado.

Diante do apresentado, este trabalho tem como objetivo a determinação experimental da pressão sonora/ruído de fundo de sala de aula, bem como o cálculo da relação sinal/ruído e do tempo de reverberação. Tais critérios de conforto acústico serão avaliados e comparados às normas vigentes.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal de Lavras, na sala número 1 do Pavilhão de aulas número três (PV301). A referida sala foi escolhida por estar localizada na área de maior movimentação da universidade, próxima à cantina principal e onde há grande tráfego de pessoas e veículos. Ademais, esta sala possui porta e três janelas voltadas para a avenida principal da universidade.

Foi estudado o nível de pressão sonora (NPS), a relação sinal/ruído (SNR) e o tempo de reverberação na sala PV301.

2.1 Nível de pressão sonora ou ruído de fundo

Para a determinação do nível de ruído de fundo, foram coletados trinta pontos igualmente espaçados em 1,25m no interior da sala de aula, a uma distância de 1m de qualquer superfície, conforme especificado na norma NBR 10151 - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade (ABNT, de 2000) (Figura 1). A sala

estava desocupada, com as portas, janelas e cortinas abertas e com os ventiladores desligados.

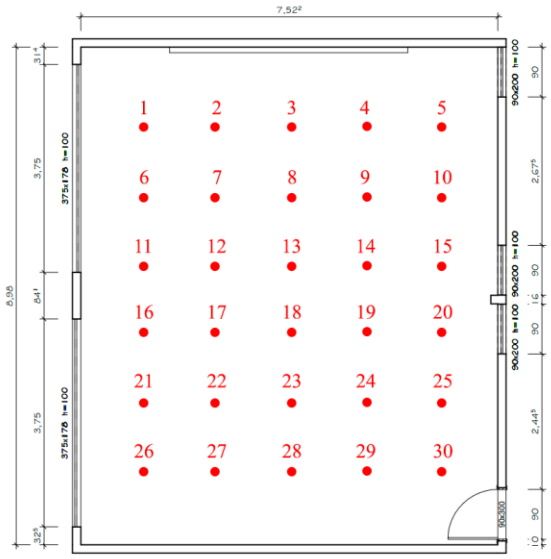


Figura 1. Pontos de coleta dos dados de pressão sonora na sala PV301.

As medições foram feitas usando um Termo Higro Decibelímetro Luxímetro da marca Instrutherm e modelo THDL-400.

O nível de pressão sonora no interior foi dado pela média aritmética dos dados coletados, seguindo recomendação da NBR 10151 (ABNT, 2000).

2.2 Relação sinal/ruído

Para o cálculo da relação SNR, foram coletados 30 dados de pressão sonora, medidos com a contribuição da voz do professor, nos mesmos pontos onde já haviam sido coletados os dados de ruído de fundo. Segundo PICARD e BRADLEY (2001), a intensidade do sinal (voz do professor) será dada pela Equação (1).

$$\mathrm{NPS_{voz}} = 10\log\left(10^{\frac{\mathrm{NPS_{sala}}}{10}} - 10^{\frac{\mathrm{NPS}}{10}}\right) \quad (1)$$

em que:
NPS_{voz}= Nível de pressão sonora da voz do prefessor em dB(A);
NPS_{sala}= Nível de pressão sonora medido com a contribuição da voz do prefessor em dB(A);
NPS = Pressão sonora ou ruído de fundo.

Uma vez calculado do nível de pressão sonora somente da voz do professor, o valor da relação sinal/ruído se dá pela Equação (2).

$$\mathrm{SNR} = \mathrm{NPS(voz)} - \mathrm{NPS} \quad (2)$$

Esses parâmetros darão base para a identificação das falhas de comunicação entre os professores e alunos.

2.3 Tempo de reverberação

Segundo a NBR 12179 - Tratamento acústico em recintos fechados (ABNT, 1992), o tempo de reverberação (TR) é definido como o intervalo de tempo que um som demora a

decair 60 dB desde que a fonte sonora deixa de emitir. Sendo esse um dos principais parâmetros de medida acústica.

Wallace Sabine propôs uma equação para determinar esse tempo de reverberação no interior dos ambientes em função de dois aspectos, a absorção dos materiais que revestem a superfície do ambiente e o volume da sala, essa equação leva em consideração parâmetros como absorção pelo ar e a existência de objetos como mesas, cadeiras. A NBR 12179 (ABNT, 1992) recomenda o uso dessa fórmula quando o coeficiente de absorção médio for inferior à 0,3.

A equação de Sabine é dada por:

$$TR = 0{,}161\frac{V}{A} \quad (3)$$

sendo:
TR = tempo de reverberação em segundos;
V = volume da sala em m³;
A = área de absorção sonora (m²). É dado pelo somatório do produto da área de dada superfície pelo coeficiente de absorção sonora (α) do material dos vários materiais presentes no ambiente;
0,161 = a constante de precisão.

A Tabela 1 apresenta os coeficientes de absorção sonora dos materiais que serão utilizados para o cálculo do tempo de reverberação da sala de aula.

Tabela 1. Coeficientes de absorção sonora dos materiais.

Materiais	Coeficiente de Absorção sonora (α)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Piso de concreto	0,1	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08
Reboco liso	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Quadro negro de madeira	0,28	0,2	0,1	0,1	0,08	0,08
Porta de madeira laqueada	0,2	0,15	0,1	0,1	0,09	0,11
Janela simples fechada	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02

Fonte: Adaptado de NBR12179 (ABNT) e ZANNIN et al. (2005).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, são apresentados os valores de ruído de fundo coletados nos trinta pontos da malha, além da média e do desvio padrão. Todos os valores de pressão sonora encontrados foram arredondados para o inteiro mais próximo, como recomendado na norma NBR 10151 (2000). O valor médio do nível de pressão sonora da sala avaliada foi de 55 dB(A), com um desvio padrão de 4 dB(A).

Tabela 2. Nível de pressão sonora na sala PV301.

Nível de pressão sonora - PV301 dB(A)									
Ponto 1	50	Ponto 7	53	Ponto 13	55	Ponto 19	53	Ponto 25	64
Ponto 2	52	Ponto 8	54	Ponto 14	53	Ponto 20	59	Ponto 26	57
Ponto 3	51	Ponto 9	53	Ponto 15	56	Ponto 21	54	Ponto 27	59
Ponto 4	51	Ponto 10	54	Ponto 16	58	Ponto 22	54	Ponto 28	60
Ponto 5	52	Ponto 11	52	Ponto 17	55	Ponto 23	58	Ponto 29	61
Ponto 6	52	Ponto 12	54	Ponto 18	60	Ponto 24	57	Ponto 30	66
Média			55		Desvio padrão			4	

A norma NBR 10151 (ABNT, 2000) determina o valor de 50 dB(A) para o ruído de fundo no período diurno, com correção de -10dB(A) se as medidas forem feitas com as janelas abertas, ou seja, para o caso estudado, o valor máximo seria de 40dB(A). Segundo a NBR 10152 (1987), os valores de 40 a 50 dB(A) são os limites aceitáveis para o conforto acústico no ambiente de aprendizado. Sendo assim, o valor encontrado se encontra fora das recomendações normativas, mesmo quando considerado seu desvio padrão.

A Tabela 3 apresenta os valores de pressão sonora medido com a contribuição da voz do professor na sala. De forma semelhante aos dados anteriores, os valores encontrados foram arredondados para o inteiro mais próximo.

Tabela 3. Nível de pressão sonora medido com a contribuição da voz do professor na sala PV301.

Nível de pressão sonora medido com a contribuição da voz do professor - PV301 dB(A)									
Ponto 1	69	Ponto 7	69	Ponto 13	66	Ponto 19	65	Ponto 25	65
Ponto 2	68	Ponto 8	68	Ponto 14	67	Ponto 20	68	Ponto 26	61
Ponto 3	69	Ponto 9	69	Ponto 15	65	Ponto 21	63	Ponto 27	65
Ponto 4	64	Ponto 10	69	Ponto 16	64	Ponto 22	61	Ponto 28	65
Ponto 5	66	Ponto 11	67	Ponto 17	66	Ponto 23	66	Ponto 29	71
Ponto 6	65	Ponto 12	69	Ponto 18	66	Ponto 24	65	Ponto 30	71
Média			55		Desvio padrão			4	

Com os valores acima apresentados e utilizando as Equações (1) e (2), foi possível calcular os valores de 66dB(A) para a pressão sonora da voz do professor (NPS_{voz}) e +11dB(A) para a relação sinal/ruído (SNR). O valor encontrado para SNR encontra-se abaixo do recomendado por BRADLEY (2002) e pela norma ANSI S12.60 (2002), de +15dB(A). A norma NBR 10152 (ABNT, 1987) não estabelece um valor para a relação sinal/ruído. Segundo FERNANDES (2006) o nível normal da voz do professor está entre 65 e 75 dB, e diante disso, ele conclui que +10 dB seria uma relação coerente para toda a sala.

A tabela 4 apresenta os valores encontrados para o tempo de reverberação na sala sem mobília.

Tabela 4. Tempo de reverberação calculado na sala PV301.

Tempo de reverberação (s)					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
2,89	4,22	3,63	3,46	3,09	3,27

No Brasil não existe uma norma específica a respeito de valores do tempo de reverberação (TR). Porém, as normas atuais no Reino Unido, na Alemanha e nos Estados Unidos, bem como os valores recomendados pela OMS para as escolas sugerem que os valores de tempo de reverberação não excedam 0,6 segundos para salas com um volume por volta de 250 m^3 (KLATTE, 2010). Estudos realizados por BRADLEY (2002) mostram que a fórmula de TR por ele analisada não apresenta grande precisão nos resultados, pois é apenas uma aproximação do modelo real. Uma possível justificativa para os valores calculados estarem distantes do esperado pode ser o fato de não ter sido considerado a mobília da sala. Uma melhoria na exatidão dos dados seria alcançada com a utilização da Equação de Sabine modificada (Método indireto) como recomendado por ZANIN et al.(2005), pois essa melhoria leva em consideração a absorção do ar e a contribuição dos elementos relativos à funcionalidade do ambiente (pessoas, móveis, etc.).

4. CONCLUSÕES

Com este trabalho foi possível averiguar a inadequação às normas e recomendações técnicas do ambiente estudado, no que se diz respeito ao nível de ruído de fundo, à relação sinal ruído e ao tempo de reverberação. Pode-se concluir que há possivelmente desconforto dos usuários na comunicação professor-aluno na sala de aula estudada.

Ressalta-se a importância dos estudos e simulações, desde as fases iniciais de projeto, a fim de priorizar parâmetros que levam ao conforto acústico e a uma maior adequação do ambiente a sua finalidade útil.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

AMERICAN NATIONAL STANDARD. **ANSI S12.60: acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools**. Accredited Standards Committee S12, Noise.Standards Secretariat Acoustical Society of America, Melville, NY: American National Standards Institute, Inc, june 2002, 50p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento**. Rio de Janeiro,2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro,1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179: Tratamento acústico em recintos fechados**. Rio de Janeiro,1992.9 p.

BRADLEY,J.S. **Optimising sound quality for classrooms**. In: MEETING OF SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA,20.,2002,Rio de Janeiro. Anais…Rio de Janeiro:NRCC,2002.p.1-15.

DREOSSI R.C.F.; MOMENSOHN-SANTOS T.M. **A interferência do ruído na aprendizagem**. Rev. Psicopedagogia 2004; 21(64):38-47.

FERNANDES, J.C.**Padronização das condições ásticas para salas de aula**. In:Simpósio de engenharia de produção,13.,2006,Bauru. Anais.Bauru: UNESP,2006. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/823.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2017

KLATTE M, LACHMANN T, MEIS M. **Effects of noise and reverberation on speech perception and listening comprehension of children and adults in a classroom-like setting. Noise Health** [serial online] 2010 [acessado em 12 de dezembro de 2016];12:270-82. Disponível em: < http://www.noiseandhealth.org/text.asp?2010/12/49/270/70506>

PICARD, M.; BRADLEY, J. **Revisiting speech interference in classrooms**. Audiology. v. 40,p.221-244, 2001.

ZANNIN, P.H.T.; MARCON,C,R. **Objective and subjective evaluation of the acoustic comfort in classrooms**. Applied Ergonomics 38 (2007) 675–680

ZANNIN, P.H.T.; FERREIRA, A.M.C.; ZWIRTES, D.P; NUNES,E.; STUMM, S.B; TÖWS, M. **Comparação entre tempos de reverberação calculados e medidos.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 75-85, out./dez. 2005.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

DESENVOLVIMENTO DE MODELO *FUZZY* PARA PREDIÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE CONCRETO REFORÇADO COM RESÍDUOS DE FIBRA DE VIDRO SUBMETIDOS A DIFERENTES TEMPERATURAS

Pansani, João Vitor Campardo (joaopansani@gmail.com), **Abreu, Lucas Henrique Pedrozo**(lucas.abreu@deg.ufla.br), **Lima, Gabriel Reis Sousa** (gabrielrslima@gmail.com), **Barros, Ueslei Matheus** (ubarros@engenharia.ufla.br), **Pereira, Rodrigo Allan** (rodrigo.apereira@deg.ufla.br).

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário,Lavras, Minas Gerais,Cep 37200-000

RESUMO: Tendo em vista a grande utilização do concreto na construção civil e consequentemente as diferentes patologias as quais o material pode sofrer, dentre elas situações de incêndio. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma metodologia *fuzzy,* capaz de predizer a resistência à compressão do concreto reforçado de resíduo de fibra de vidro e submetido a diferentes intensidades de temperaturas, posteriormente resfriados rapidamente, simulando um combate ao incêndio. Para tanto, foi utilizado um concreto de traço 1:2:3:0,53. A matriz desenvolvida foi reforçada com resíduo de fibra de vidro nos teores de 0, 5 e 10% (em relação a volume total). As amostras foram submetidas a cura úmida. Após 28 dias de idade os corpos-de-prova foram submetidos as temperaturas de 200, 400 e 600˚C por um período de uma hora. Após as amostras foram rapidamente resfriadas sendo imersas em um tanque contendo água em temperatura ambiente. As amostras foram avaliadas mecanicamente através do ensaio de compressão axial simples. Posteriormente, com os dados experimentais desenvolveu-se um sistema *fuzzy* para predizer a resistência à compressão do concreto quando for submetido a diferentes temperaturas e porcentagens de resíduo fibra de vidro. Obteve-se como resultado um modelo *fuzzy* que se aproxima dos valores experimentais

Palavras Chave: Concreto; Inteligência artificial; Choque térmico.

DEVELOPMENT OF FUZZY MODEL FOR RESISTANCE PREDICTION CONCRETE COMPRESSION REINFORCED WITH FIBERGLASS RESIDUES SUBMITTED AT DIFFERENT TEMPERATURES

ABSTRACT: Regarding a great use of the concrete in the civil construction and consequently as different pathologies as the material can suffer, such as fire situations. The present work had as objective to develop a fuzzy methodology, to predict the compressive strength of the concrete enforced with fiberglass residue and subjected to different temperature intensities, then cooled, simulating firefighting. For this, a 1: 2: 3: 0.53 trace concrete was used. The sample developed was reinforced with glass fiber residue in the contents of 0, 5 and 10% (in relation to total volume). The samples were submitted to moist curing. After 28 days of age the proof bodies were submitted to temperatures of 200, 400 and 600 ° C for a period of one hour. After the samples were rapidly cooled they were immersed in a tank containing water at room temperature. The samples were mechanically evaluated by the simple axial compression test. Later, with the experimental data, a fuzzy system was developed to predict the compressive strength of the concrete when subjected to different temperatures and percentages of fiberglass residue. A fuzzy model was obtained that approximates the experimental values.

Keywords: Concreto; Inteligência artificial; Choque térmico.

1. INTRODUÇÃO

Materiais com características semelhantes ao concreto são utilizados desde as épocas Greco-romanas até os dias atuais, pois, quando comparado a outros materiais de construção civil o concreto apresenta elevada durabilidade, versatilidade e resistência NEVILLE (2015). Há concretos com inúmeras características, sejam elas de resistência iniciais elevadas, resistentes a ataques químicos, alta impermeabilidade, resistência a tração, entre outros.

Devido a sua versatilidade, o concreto é utilizado em distintas situações e desse modo, expostos a diferentes condições e avarezas, dentre elas situações de incêndio. Comumente, quando expostos a altas temperaturas, degradam-se ocorrendo fissuração, *sloughing* (que é o destacamento de grandes placas na superfície do concreto) e *explosive spalling* (também é um destacamento, entretanto de pequenas placas e de forma violenta) MORALES et al. (2011).Os problemas causados por situações de incêndio podem afetar a capacidade do concreto de suportar cargas e sua funcionalidade estrutural.

Em busca de uma maior resistência do concreto, para suportar os problemas citados, realizam-se diversas adições ao cimento, os quais são incorporados ao concreto. As adições para uma melhor atuação da estrutura também podem ser feitas diretamente na confecção da massa do concreto, como a adição de fibras orgânicas ou fibras inorgânicas.

Dentre as fibras que são adicionadas, existe a fibra de vidro, entretanto, sabe-se este material possui um preço agregado relativamente alto, assim, torna-se inviável adicioná-lo em construções de grande porte, pois haveria um aumento substancial no orçamento da obra. Todavia, é de notório conhecimento, que há um grande descarte de resíduos de fibra de vidro das empresas que trabalham com o material, sejam por erros ou então, imperfeições no processo de fabricação de algum item.

Dessa maneira, juntando o descarte que há da fibra de vidro e somando ao fato de que é necessário cada vez mais o reaproveitamento de materiais na construção civil, uma vez que, se estima que no Japão ela seja responsável pelo consumo de 50% da matéria bruta e que nos EUA corresponde a 75% do consumo total de materiais JOHN (2002), torna-se viável a substituição da fibra de vidro por seu resíduo.

Para observar se o corpo resiste mais ou não, comparado aos que não possuem resíduos de fibras é de suma importância a utilização de técnicas de modelagem computacional, tornando-se necessário a composição de sistemas capazes de prognosticar a resistência do concreto em situações adversas TANYILDIZI (2007). Dentre os modelos mais utilizados, a lógica *fuzzy* é adequada para efetuar tarefas ou solucionar problemas à partir de uma base de conhecimento BEKIR et al. (2007).

Assim sendo, visando alcançar uma maior resistência a compressão após altas temperaturas, associando as tanto o ambiente térmico quanto da quantidade de resíduos de fibra de vidro, pode-se constituir em um problema no qual a aplicação da teoria dos conjuntos *fuzzy* apresenta-se promissora TANYILDIZI (2007).

Nesse contexto, torna-se importante o estudo da resistência física do concreto, quando adicionado diferentes porcentagens resíduos de fibra de e submetidos a diversas temperaturas, para posteriormente obter uma análise com a lógica *fuzzy.*

2. OBJETIVO

O objetivo da presente pesquisa foi o desenvolvimento de um modelo *fuzzy* para a predição da resistência a compressão de concreto reforçado com resíduos de fibra de vidro, submetidos a diferentes temperaturas

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido nos laboratórios da Unidade Experimental em Painéis de Madeira (UEPAM), do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras e no Laboratório de Resistência dos materiais que se localiza no Centro Universitário de Lavras (UNILAVRAS).

Para a confecção dos corpos de prova, utilizou-se cimento Portland II (CPII), areia silicosa de rio com grãos de até 0,6mm MORALES et al. (2011), brita tipo1, ou seja, que possuem grãos de até 24mm, seguido a NBR 7211 ABNT (2009) e água. O traço de cimento areia e brita escolhidos correspondem, respectivamente, a 1:2: 3 e o fator água/cimento foi 0,53. Foram utilizados resíduos de fibra de vidro provenientes da sobra da produção da empresa Fibrasil, que foram moídos em uma máquina de moagem comum.

Com os materiais obtidos, confeccionou-se seguindo as normas NBR 5738 ABNT (2015) e NBR 7680 ABNT (2007), 36 corpos de prova de concreto para assim, realizar o ensaio de aquecimento e posteriormente o de resistência a compressão.

Os tratamentos foram divididos segundo o arranjo fatorial 4x3, ou seja, quatro tipos de temperatura (ambiente, 200, 400, 600 ˚C) e três porcentagens em volume de resíduo fibra de vidro (0, 5, 10) ocorrendo uma repetição de três corpos de provas para cada porcentagem em resíduo. Os corpos que não possuíam o resíduo fibra de vidros foram considerados como tratamento de controle para posterior efeito de comparação.

Desse modo, para a confecção do concreto seguiu-se a seguinte lógica: primeiramente aferiu-se a massa dos materiais de acordo com o traço, para isso, utilizou-se uma balança Marte com capacidade de 50 kg e em um Becker graduado de forma alta, mensurou-se o volume de resíduo de vidro necessário. Os materiais foram despejados na betoneira, sendo realizado um lote por vez, na mistura foram sendo adicionados os resíduos de fibra de vidro, de acordo com a porcentagem do lote que estava sendo preparado.

Os corpos de prova utilizados são cilíndricos com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, neles despejou-se concreto em três camadas, a cada despejo ocorria a compactação com haste, de aço, cilíndrica. Após 24 horas de cura as amostras foram retiradas do molde e extraídas conforme a norma NBR 5738 ABNT (2015). Posteriormente, foram identificados e mantidos em tanques de cura conforme NBR 9479 ABNT (2006) a qual delimita 28 dias para tal processo, pois se trata do tempo em que o concreto atinge 99% de sua resistência final VIEIRA (2007).

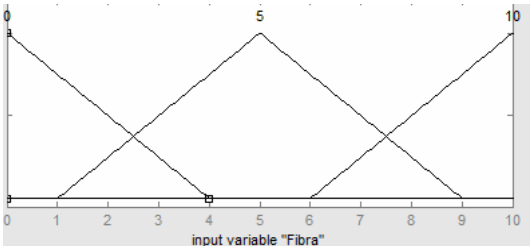
Após o aquecimento atingindo as temperaturas desejadas os corpos foram bruscamente resfriados em um recipiente que continha aproximadamente 100 litros de água em temperatura ambiente e permaneceram por 15 minutos dentro do mesmo MORALES (2011). Essa imersão brusca visou simular uma situação de incêndio na qual os bombeiros lançam água sobre a edificação, visando extinguir as chamas.

Posterior ao aquecimento de todos os corpos ocorreu os testes de resistência a compressão em uma prensa eletro hidráulica digital Solocap®, seguindo as orientações das normas técnicas NBR 5628 ABNT (2001), NBR 15200 ABNT (2012), NBR 5739 ABNT (2007) e NBR NM-ISO 7500-1ABNT (2004).

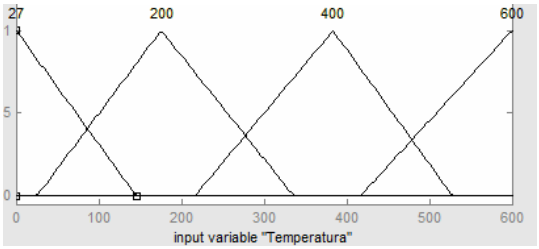
Para a elaboração do modelo matemático *fuzzy* utilizou-se o método de inferência de Mamdani, que a partir dos valores com determinadas regras estabelecidas são fornecidas as respostas de um conjunto do qual se deseja saber um resultado ABREU et al.(2014).

Desse modo, com o auxílio do programa MATLAB R2009ae sabendo que o experimento se baseou em um arranjo fatorial 3x4, foi necessário definir 12 regras para o modelo, ou seja, para cada combinação de uma quantidade de resíduo de fibra de vidro e uma temperatura havia uma saída em um grupo no qual se encontrava a compressão média do corpo. Como ocorreram casos em que quantidades de fibras diferentes em temperaturas distintas obtiveram o mesmo valor de compressão foram montadas 10 funções de pertinência para a variável de saída.

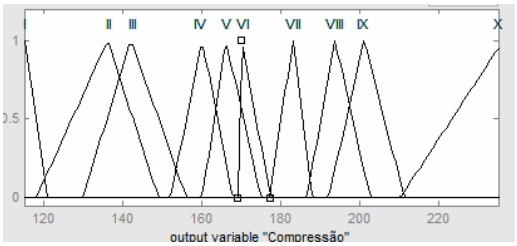
A Figura 1 mostra as funções de pertinência para as variáveis de entrada (fibra e temperatura) e a de saída (compressão) em números romanos, onde I é a menor compressão obtida e X é a maior.



(a)



(b)



(c)

Figura 1: Funções de entrada e saída no modelo *fuzzy*(a) entrada resíduos de fibra (%)(b) entrada temperatura (ºC) (c) saída compressão (kN).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os testes de compressão dos corpos de concreto serem realizados, foram obtidos os resultados que se encontram na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados do ensaio de resistência a compressão axial

Fibra (%)	Temperatura (º C)	Resistência a compressão			Média (kN)
		1	2	3	
0	Ambiente	216,95	162,51	204,1	194,52 ± 28,45
	200	157,18	165,42	179,55	167,38 ± 11,31
	400	144,35	136,75	131,79	137,63 ± 6,32
	600	134,44	120,81	148,42	134,56 ± 13,80
5	Ambiente	243,52	196,31	263,27	234,37 ± 34,40
	200	225,34	173,5	152,89	183,91± 37,33
	400	142,72	178,19	159,32	160,08 ± 17.74
	600	150,63	150,78	128,49	143,3 ± 12,82
10	Ambiente	202,34	199,03	203,76	201,71± 2,42
	200	170,09	174,15	171,51	171,92 ± 2,06
	400	140,61	141,38	144,12	142,04 ± 1,84
	600	117,55	115,39	116,19	116,38 ± 1,09

Pode-se observar que com o aumento da temperatura houve uma diminuição na resistência a compressão do concreto como previsto por Morales (2011) e ainda, nas amostras com 5% de resíduo foram onde ocorreram as melhores resistências a compressão em todas as variações de temperatura.

Com o intuito de predizer qual seria o valor de resistência à compressão com uma determinada quantidade de fibra variando de 0 a 10% e ainda a uma determinada temperatura com amplitude de 27 a 600º C modelou-se o conjunto *fuzzy*. A Tabela 2 mostra os valores obtidos experimentalmente e posteriormente os quais foram encontrados como

saída o programa seguindo a montagem das funções e após realizou-se a comparação entre ambos para se obter o desvio padrão e o erro em porcentagem.

Tabela 2: Comparação entre os dados experimentais e dados da modelagem *fuzzy*

Temperatura (°C)	Porcentagem	Dados experimentais*	Simulação *Fuzzy**	Desvio Padrão	Erro**
Ambiente	**0%**	194,52	194	0,37	0,27
	5%	234,37	226	5,92	3,57
	10%	201,71	201	0,5	0,35
200	**0%**	167,38	167	0,27	0,23
	5%	183,91	183	0,64	0,49
	10%	171,92	172	0,06	0,05
400	**0%**	137,63	134	2,57	2,64
	5%	160,08	160	0,06	0,05
	10%	142,04	143	0,68	0,68
600	**0%**	134,56	134	0,4	0,42
	5%	143,3	143	0,21	0,21
	10%	116,38	117	0,44	0,53
Valores médios				**1,01**	**0,79**

* Cargas em (kN)** (%)

Tendo em vista o baixo valor encontrado para o desvio padrão e erro pode-se observar que o modelo segue um padrão parecido com o experimental, desse modo, é possível utilizar a modelagem *fuzzy* para inferir qual seria a melhor porcentagem de resíduo fibra de vidro em determinada temperatura. A Figura 2 mostra em um gráfico 3D do modelo *fuzzy* onde se encontra temperatura, quantidade de fibra e a compressão.

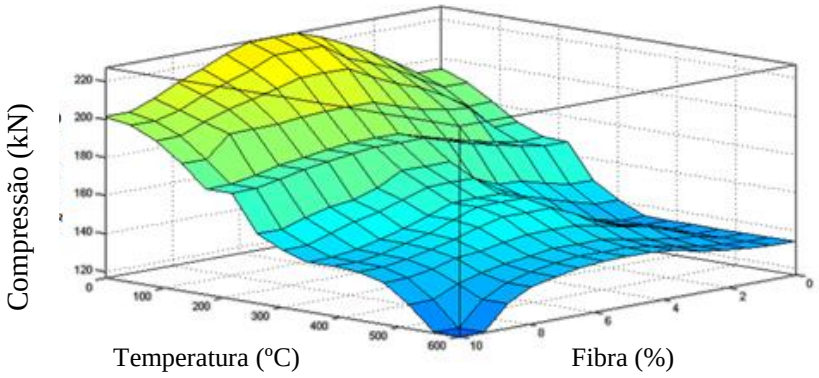


Figura 2: Imagem em 3D na modelagem *Fuzzy* demonstrando os comportamentos com asfibras, temperatura e compressão

Na figura acima, pode-se verificar que os melhores valores ocorreram na temperatura ambiente e ainda que os maiores valores de resistência ocorreram sempre próximos as porcentagens de 4 e 5. É possível também, observar que 0 e 10% alteraram-se entre os piores com o variar da temperatura.

5. CONCLUSÃO

A modelagem matemática *fuzzy* aproxima-se os valores experimentais, dessa forma, é possível prever quais seriam as melhores porcentagens em resíduos de fibra de vidro que um corpo deve conter para após ser aquecido obter uma resistência à compressão maior.

É possível observar ainda com a modelagem que os melhores valores de resistência a compressão encontram-se próximos a 4, 5% de resíduos de fibra de vidro.

6. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738. **Concreto: Preparação para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739. **Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7680**. Concreto: Extração, preparo e ensaios de testemunho de concreto. Rio de Janeiro, 2007.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9479**. Câmara úmida para corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-ISO 7211. **Agregados para concreto**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-ISO 7500-1. **Materiais metálicos: Calibração de maquinas de ensaio**. Rio de Janeiro, 2004.

BEKIR, ILKER TOPÇU; SARIDEMIR, MUSTAFA. **Prediction of compressive strength of concrete containing fly ash using artificial neural networks and fuzzy logic**. Eskisehir OsmangaziUniversity, Departmentof Civil Engineering, 26480 Eskisehir, Turkey, 2007.

FERREIRA, R.P.; SASSI, R.J.; AFFONSO, C.O. **Aplicação de uma rede neuroFuzzy para a previsão do comportamento do tráfego veicular urbano na região metropolitana da cidade de São Paulo**. Exacta, v.9, p.363-375, 2011.

FERREIRA, Sérgio Gonçalves. **Ação do incêndio nas estruturas de aço — conseqüências e recuperação. In: Simpósio Nacional de Arquitetura e Proteção Contra Incêndios**. Anais. EPUSP. São Paulo, 1998.

TANYILDIZI, Harun. **Fuzzy logic model for prediction of mechanical properties of lightweight concrete exposed to high temperature**. Department of Construction Education, Firat University, Elazig,2008.

VIEIRA, J. O. F. **Avaliação da resitencia a compressão do concreto através de testemunhos extraidos:contribuição à estimativa do coeficciente de correção devido aos efeitos do broqueamento**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ABREU, L. H. P. **Modelagem fuzzy do desempenho de frangos de corte, criados de 1 a 21 dias, submetidos a estresse térmico.** Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto, 5 ed.**2015;

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese** (Livre Docência) – USP, São Paulo, 2000.

MORALES, G.; CAMPOS, A.; FAGANELLO, A. M. P. **A ação do fogo sobre os componentes do concreto** Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 32, n. 1, p. 47-55, jan./mar. 2011.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

CONFORTO LUMÍNICO DENTRO DE SALAS DE AULA

S. de Souza, Jéssica (jessicassgp@hotmail.com), **N. S. Pinto, Amanda** (soupin.amanda@gmail.com), **A.P. Ribeiro, Priscilla** (priscilla.ribeiro@deg.ufla.br)

Universidade Federal de Lavras- Departamento de Engenharia

Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: O Conforto Lumínico dentro da sala de aula é de considerável relevância para o aprendizado dos alunos. A fim de caracterizar se o ambiente proporciona esse conforto, com o auxílio de um Termo Higro Decibelímetro Luxímetro, foram aferidos os dados de iluminação para posterior avaliação e discussão, de duas salas de aula, conhecidas como PV2 105 e PV3 01, na Universidade Federal de Lavras. Para a caracterização dos dados, foram feitos gráficos de superfície com gradiente de tonalidade de cor, análise de comparação com bibliografia de referência e normas específicas. O resultado da uniformidade luminosa foi abaixo do esperado, porém a quantidade mínima de lux dentro do ambiente foi atendida, de acordo com os parâmetros comparativos da norma. Mediante este passo pôde-se ter um resultado final de caracterização pertinente com a situação: as salas de aula não atendem ao requisito de conforto lumínico, sendo locais que precisam ser melhorados para atender as condições de conforto lumínico.

Palavras Chave: Conforto Lumínico; Sala de aula; Normas.

LUMINOUS COMFORT INSIDE CLASSROOM

ABSTRACT: The Luminous Comfort within the classroom is of considerable relevance to student learning. In order to characterize if the environment has this comfort, with the aid of a Thermo Hybrid Decibelimeter Luximeter, illumination data of two classrooms, known as PV2 105 e PV3 01, at the Federal University of Lavras were gauged for posterior evaluation and discussion. For the data characterization, surface graphics with color gradient, comparison analysis with reference bibliography and specifics norms were made. The result of the light uniformity was lower than expected, but the minimum amount of lux within the environment was achieved, according to the comparative parameters of the standard.Through this step it was possible to have a characterization result pertinent with the situation, evaluated classrooms do not meet the luminous comfort, being places that need to be improved to meet the conditions of the luminous comfort.

Keywords:Luminous Comfort; Classroom; Norms.

1. INRODUÇÃO

O Conforto Ambiental abrange a análise das condições térmicas, acústicas, luminosas, energéticas e os fenômenos físicos a elas associados como um dos condicionantes da forma e da organização do espaço. Conforto Ambiental e Eficiência Energética estão intimamente ligados, e se executados de forma correta podem gerar até 70% de economia de energia, sendo assim um dos grandes desafios dos arquitetos. Com o tipo de vidro correto, por exemplo, pode-se controlar a luz e o calor no interior das edificações, gerando assim um conforto térmico e luminoso (Siqueira, 2013).

Os sistemas de iluminação são responsáveis pelas características de conforto dos ambientes. As implicações possíveis que a iluminância pode causar nos indivíduos, quer pela sua carência, quer pelo seu excesso, têm sido alvo de várias investigações, como é o caso da fadiga visual, estresse e alterações nos ciclos circadianos (Veitch, 2001; Juslén e Tenner, 2005). A adequada iluminação gera a visualização do ambiente, permitindo que as pessoas vejam, se movam com segurança e desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, precisa e segura, sem causar fadiga visual e desconforto. A iluminação pode ser natural, artificial ou uma combinação de ambas (ABNT NBR ISO CIE 8995/2013).

As salas de aula necessitam de iluminação de excelente qualidade, pois a tarefa visual varia desde a visão à distância, como ler o que se encontra na lousa, até as próximas, como ler e escrever. A iluminância recomendada para iluminação de escolas, para uso em salas de aula, estabelecida pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, é de, no mínimo, 300 lux. Recomenda-se que a iluminação seja controlável, sendo a velocidade e a precisão de execução da tarefa visual importantes, em que a refletância de fundo de tarefa esteja entre 30 a 70%. Determina-se, também, que se verifique uma iluminância de 300 lux no quadro-negro, observando que a luz incidente não deve criar reflexos prejudiciais à leitura em nenhum ponto da sala. Além da iluminância, é importante que as superfícies do ambiente sejam claras, isto é, que tenha alta refletância, para contribuir na distribuição de luz.

A pesquisa “Mechanisms involved in enhancing human performance by changing the lighting in the industrial workplace”, desenvolvida por Juslén e Tenner (2005), permitiu aos autores afirmarem que existem pelo menos 10 mecanismos que contribuem para o aumento do desempenho humano através de melhorias na iluminação: desempenho visual, conforto visual, ambiência visual, relações interpessoais, relógio biológico, estimulação, satisfação no trabalho, resolução de problemas, efeito auréola e processo de mudança.

Mediante estudo do conforto lumínico, mostra-se o quão é influente a presença de janelas na seção transversal de salas de aula, de forma que o ambiente se torne agradável nas atividades do cotidiano. O objetivo é observar os pontos positivos e negativos presentes na análise dos dados e para finalizar busca-se fazer sugestões sobre o que poderia ser melhorado para adequar o conforto lumínico dentro de salas de aula.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

No dia 23 de outubro de 2017 na Universidade Federal de Lavras, foram coletados os dados para análise de conforto lumínico de duas salas de aula, com o auxílio de um Termo Higro Decibelímetro Luxímetro Digital portátil, marca Instrutherm, modelo THDL-400. Esse equipamento possui dados de iluminação com uma amplitude de escala entre 0 e 200.000 lux, e sua precisão é de ±3% para valores abaixo de 10.000 lux e de ±4% para valores acima de 10.000 lux,. Os dados de temperatura são registrados com limites entre -20 ºC e 750 ºC e precisão de ±1 ºC; e umidade relativa do ar, entre 25,0% e 95,0%, com precisão de ±5%.

Ambas as salas foram analisadas sem qualquer incidência de iluminação artificial, no início do período da tarde, sendo que as janelas estavam todas livres de obstruções e os ventiladores estavam desligados. Dentro das salas existiam somente aberturas laterais, de

um lado sem proteção da incidência direta do sol e do outro, com o beiral do pavimento superior. A Figura 01 e a Figura 02 representam as salas em questão.

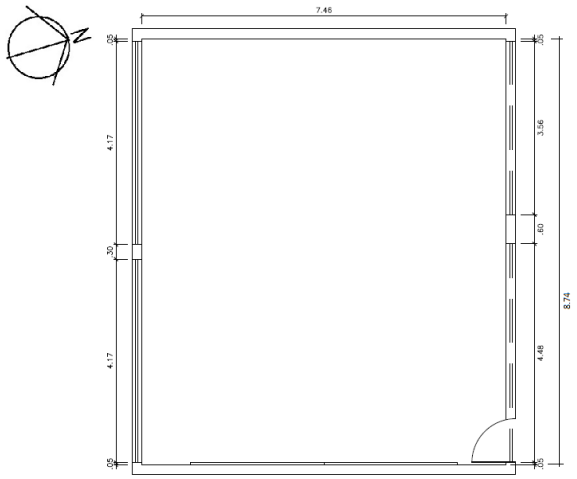


Figura 01 – Planta Baixa com indicação do norte, sala PV2 105

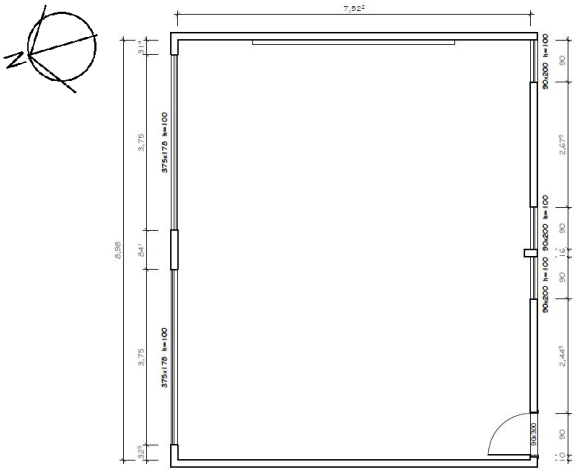


Figura 02– Planta Baixa com indicação do norte, sala PV3 01

Com o auxílio de uma trena digital, foram medidas as dimensões das salas de aula, criou-se o croqui, e estabeleceu-se a quantidade de pontos suficiente para coleta de dados. A NBR Projeto 02: 135.02-004 estabelece uma quantidade mínima de 21 pontos a serem aferidos, mas observando as salas, nota-se a necessidade de recolher mais pontos de iluminância do que estabelecido pela norma, para conseguir uma melhor representação dos dados, pois existem vários fatores que fazem a iluminação distribuída ser desuniforme. Um desses fatores é a distribuição das janelas, que não é simétrica nos cômodos, gerando ausência de uniformidade luminosa.

Mediante essa análise foram recolhidos 30 pontos nos interiores das salas, distribuídos de forma uniforme de acordo com a representação a seguir (Figura 03 e Figura 04).

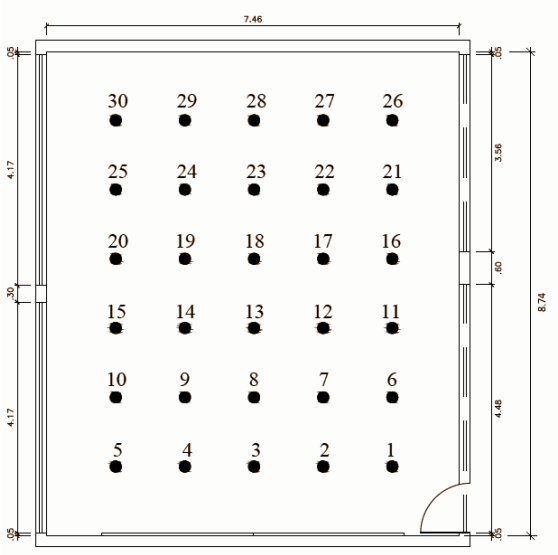


Figura 03 - Distribuição de pontos na sala de aula do PV2 105.

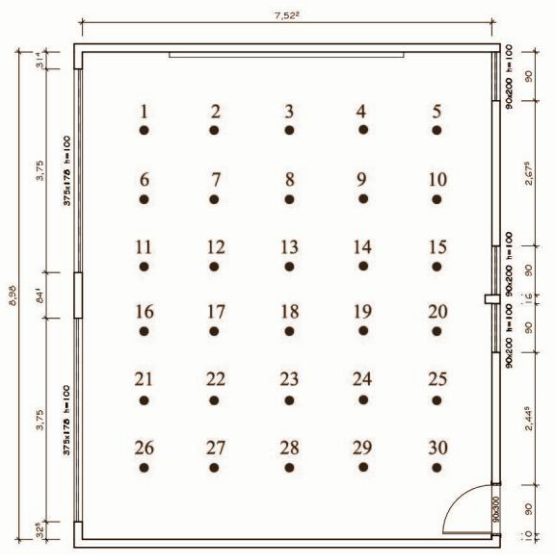


Figura 04– Distribuição de pontos na sala de aula do Pv3 01.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise lumínica

Com posse dos dados de lux foram feitos gráficos de superfície, considerando as dimensões das salas de aula e os lux medidos nos 30 pontos (Figura 05 e Figura 06).

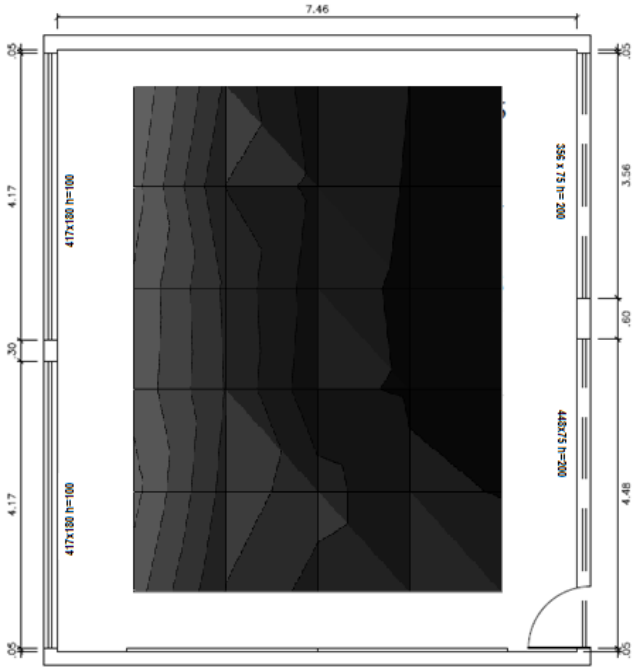


Figura 05 - Representação gráfica da distribuição de lux na sala de aula PV2 105.

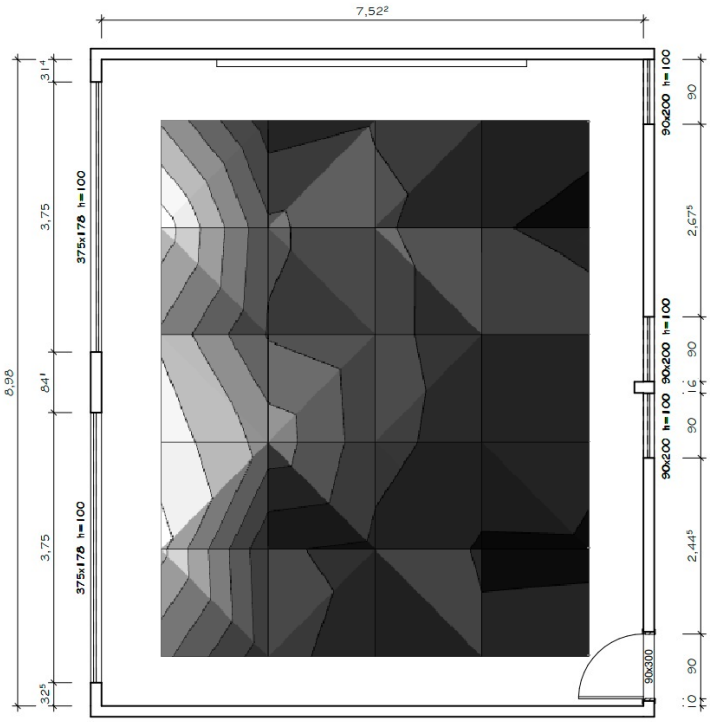
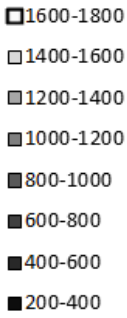


Figura 06 – Representação gráfica da distribuição de lux na sala de aula PV3 01.

Legenda (unidade lux) representando a cor que confere a uma faixa de lux:



De acordo com os gráficos nas Figura 05 e Figura 06, o gradiente de valor de lux vai decaindo à medida que a cor vai escurecendo, facilitando a interpretação, ou seja, os pontos mais claros são os mais luminosos e os mais escuros são menos luminosos.

Segundo a NBR ISSO/CIE 8995-1:2013, uniformidade da iluminância é a razão entre o valor mínimo e o valor médio, sendo que a iluminância deve se alterar gradualmente. Isso deve acontecer para que a área da tarefa seja iluminada o mais uniformemente possível.

Como comparativo, na norma é especificado que na sala de aula, a uniformidade planejada pode ser U1 ≥ 0,6. Isso garante que uma uniformidade mínima de 0,7 seja observada nas mesas individuais.

Com os dados obtidos da iluminância mínima e iluminância média, calculou-se a uniformidade da iluminância para cada sala, dados representados na Tabela 01.

Tabela 01 – Dados de iluminância e uniformidade

Sala de Aula	Iluminância mínima(lux)	Iluminância média(lux)	Uniformidade
PV2 105	299	765	0,39
PV3 01	359	736	0,49

Percebe-se que ambas as salas não possuem uniformidade suficiente para atender a norma. A sala PV3 01 tem uma uniformidade maior do que a sala PV2 105, mas mesmo assim, ainda não atende a norma. A ausência de uniformidade na sala PV3 01 é devido à incidência direta de iluminação natural do lado noroeste e a uma leve incidência de iluminação natural do lado sudeste, o que equilibra um pouco a iluminação, mas ainda com pontos de luz mais acentuados que outros. A sala PV2 105 possui incidência direta de iluminação natural para o lado sudeste e do lado noroeste possui drástica interferência, com a laje do segundo piso fazendo sombra e deixando os pontos de luz ainda mais diferentes.

Segundo VIANNA e GONÇALVES (2007) ambientes com janelas em paredes opostas podem ser melhor iluminados do que os ambientes com duas janelas dispostas em paredes adjacentes, dependendo da forma do ambiente. Em ambientes com duas janelas opostas, o efeito de uma se soma ao efeito de outra, aumentando os níveis de iluminância e melhorando a uniformidade. Como em ambas as salas ocorre a interferência da laje do segundo piso de um só lado, para melhorar a distribuição de luz seria necessário colocar algum artifício de controle da luz natural como, por exemplo, brises (quebra-sóis) que dão efeito de redução de profundidade de penetração da luz nos ambientes, mas melhoram a uniformidade, pois ajudam a diminuir o ofuscamento, na medida em que diminuem os altos valores de iluminação próximos as aberturas.

Outro parâmetro de análise é a quantidade de lux, sendo que, de acordo com a NBR ISSO/CIE 8995-1:2013, salas de aula devem possuir iluminância de no mínimo 300 lux. Observando-se as iluminâncias encontradas nessa pesquisa, verifica-se que somente a sala PV2 105, com iluminância mínima de 299 lux, está em desacordo com a norma, mas nota-se que este valor é muito próximo ao limite da norma mostrando-se irrelevante,

considerando-se erros de medição do equipamento. A sala do PV3 01 apresenta valor dentro da norma, com iluminância mínima encontrada de 359 lux.

Dentro de ambas as salas não há problema de falta de luminosidade, o problema existente é de ofuscamento devido à ausência de uniformidade, o que gera desconforto visual.

4. CONCLUSÕES

Considerando-se a análise feita dos parâmetros pretendidos, pode-se afirmar que as salas de aula não possuem conforto lumínico. Essa afirmação tem em questão apenas os dados analisados, para obter mais precisão é preciso fazer mais medições considerando-se mais variáveis e ainda, a opinião dos freqüentadores das salas.

O conforto lumínico não foi alcançado considerando-se a uniformidade, pois há pontos com luminosidades diferentes, com isso pode-se gerar o ofuscamento. Entretanto, observa-se que ambas as salas, consideravelmente, atingiram a iluminância estabelecida pela norma, um ponto positivo para o momento das aulas, porém com desconfortos visuais.

A sugestão seria adicionar brises nas janelas que possuem incidência direta do sol, com isso as salas atingiriam o nível correto de uniformidade luminosa, sendo mais agradáveis para assistir e ministrar aulas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISSO/CIE 8995 - 1: 2013 - Iluminação de ambientes de trabalho.** Rio de Janeiro 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Projeto 02:135.02-004 - Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição.** Rio de Janeiro 2003.

JUSLÉN, H. T.; TENNER, A. D. **Mechanisms involved in enhancing human performance by changing the lighting in the industrial workplace.** International Journal of Industrial Ergonomics, v.35, p.843-855, 2005.

SIQUEIRA, Cileide. **Conforto Ambiental, desafio para arquitetos**. Fórum da Construção, 2013.Disponível em: < http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=4&Cod=800 >.Acesso em: 28 out. 2017.

VEITCH, J.A. **Psychological process influencing lighting quality.** Journal of the Illuminating Engineering Society.v. 30, no 1, p. 124-140. 2001.

VIANNA, Nelson S. e GONÇALVES, Joana C. S. (3 ed., 2007) – **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo 2001.

6. NOTA DE RESPONSABILIBDADE

O autor é o único responsável pelo que está contido neste trabalho.

Área:

Engenharia De Alimentos

PERFIL DE TEXTURA DA GELEIA DE GOIABA

[1]Salgado, Derlyene Lucas (derlylavras@yahoo.com.br), **[1]Oliveira, Érica Resende** (erica_le@hotmail.com), **[2]Curi, Paula Nogueira** (paulanogueiracuri@yahoo.com.br), **[1]Carvalho, Elisângela Elena Nunes** (elisangelacarvalho@dca.ufla.br)

[1]Universidade Federal de Lavras- Departamento de Ciências dos Alimentos-DCA
[2]Universidade Federal de Lavras- Departamento de Agricultura-DAG
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: A goiaba é considerada um fruto bastante atrativo em razão de sua delicada cor e agradável aroma, além de ser uma das mais completas e equilibradas frutas no que diz respeito ao valor nutritivo. O cultivo da goiaba é um dos mais importantes em países tropicais e subtropicais, sendo o Brasil um dos maiores produtores mundiais da fruta. No entanto, devido a rápida perda de qualidade pós-colheita da goiaba, uma alternativa viável para o aproveitamento econômico desse fruto é a industrialização, podendo ser processada na forma de polpa, sucos e geleias. O objetivo deste estudo foi avaliar o perfil de textura da geleia de goiaba produzida com diferentes tipos de açúcares. As porcentagens dos ingredientes utilizados para preparação das geleias foram: 60% da polpa do fruto, 40% de açúcar e 1,0% de pectina de alto teor de metoxilação. Foram elaboradas cinco formulações onde a única variação foi o tipo de açúcar utilizado. Os parâmetros de textura analisados foram dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade. A geleia produzida com açúcar cristal apresentou os maiores valores para praticamente todos os parâmetros de textura, ou seja, esta formulação caracterizou por apresentar a maior adesividade, maior elasticidade, maior gomosidade e maior mastigabilidade.

Palavras Chave: geleia; goiaba; processamento; textura.

GUAVA JELLY TEXTURE PROFILE

ABSTRACT: Guava is considered a very attractive fruit due to its delicate color and pleasant aroma, besides being one of the most complete and balanced fruits with respect to the nutritive value. Guava cultivation is one of the most important in tropical and subtropical countries, with Brazil being one of the world's largest producers of fruit. However, due to the rapid loss of post-harvest quality of guava, a viable alternative for the economic use of this fruit is industrialization, which can be processed in the form of pulp, juices and jellies. The objective of this study was to evaluate the texture profile of guava jelly produced with different types of sugars. The percentages of the ingredients used to prepare the jellies were: 60% fruit pulp, 40% sugar and 1.0% high methoxylation pectin. Five formulations of jelly were prepared where the only variation was the type of sugar used. The analyzed texture parameters were hardness, adhesiveness, elasticity, cohesiveness, gummy and chewability. The jelly produced with crystal sugar presented the highest values for practically all texture parameters, that is, this formulation was characterized by higher adhesiveness, higher elasticity, higher guminess and greater chewing.

Keywords: jelly; guava; processing; texture.

1. INTRODUÇÃO

A goiaba (*Psidium guajava*) é originária da região tropical das Américas e constitui-se em uma das mais importantes matérias-primas para as indústrias de sucos, polpas e néctares. É considerada um fruto bastante atrativo, em razão de sua delicada cor e agradável aroma, além de ser uma das mais completas e equilibradas frutas no que diz respeito ao valor nutritivo (SATO *et al*., 2005), possuindo elevado teor de ácido ascórbico, chegando a 300 mg/100 g, valor considerado elevado quando comparado às doses recomendadas para ingestão diária (RATHORE, 1976; MEDINA *et al*., 1991).

O cultivo da goiaba é um dos mais importantes em países tropicais e subtropicais, sendo o Brasil um dos maiores produtores mundiais da fruta, junto com outros países como o México, o Paquistão e a Índia (FERREIRA, 2000). No entanto, a alta perecibilidade e a rápida perda de qualidade pós-colheita de vários frutos, juntamente com a falta de disponibilidade de armazenamento durante os meses de pico de processamento industrial/safra, contribui para perdas pós-colheita ao redor de 30% (MURAKAWA, 1998).

Uma alternativa viável para o aproveitamento econômico desses frutos é a industrialização, podendo ser congelados, enlatados, processados na forma de polpa, sucos e geleias. O processamento de goiaba para obtenção de polpa é uma atividade agroindustrial importante na medida em que agrega valor econômico à fruta, evitando desperdícios e minimizando as perdas que podem ocorrer durante a comercialização do produto 'in natura'. Já o processamento da fruta em calda é uma alternativa promissora para a sua conservação por proporcionar um sabor agradável, com o aumento da doçura, e permitir uma boa conservação do produto por tempos longos (FURTADO *et al*., 2000).

A geleia de fruta é um produto nobre, preparado com frutas, sucos ou extratos aquosos das mesmas, podendo apresentar frutas inteiras, partes, ou pedaços sobre variadas formas, devendo tais ingredientes ser misturados com açúcares, com ou sem adição de água, pectina e ácidos permitidos pela norma (Resolução – CNNPA n 12, de 1978 da ANVISA).

Geleias de frutas são comumente usadas para acompanhar pão, bolachas e derivados, ou empregadas como recheios de bolos e artigos de confeitaria. Podem ser consideradas como segundo produto em importância comercial para a indústria de conservas de frutas brasileiras. Em outros países, principalmente os europeus, as geleias assumem papel de destaque, tanto no consumo como na qualidade, se destacando como um produto nobre (MÉLO *et al*.,1999).

No entanto, a qualidade e aceitabilidade de produtos alimentícios encontram-se intimamente associadas aos parâmetros sensoriais de cor e textura. A textura está intimamente ligada à estrutura celular e à composição péctica, podendo variar conforme a intensidade do processo e grau de maturação da fruta. Instrumentalmente, a textura pode ser determinada através das propriedades mecânicas utilizando equipamentos que procuram mensurar características sensoriais como dureza, firmeza e elasticidade (TORREGGIANI, 2001).

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o perfil de textura da geleia de goiaba produzida com diferentes tipos de açúcares e avaliar se tais parâmetros influenciam na qualidade final do produto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Ingredientes

Para a elaboração da geleia foi utilizado a goiaba da espécie *Psidium guajava*, da família Myrtaceae, colhidas no Sítio "Mato Dentro" na cidade de Itutinga- MG, no período de Janeiro a Fevereiro de 2017. Os diferentes tipos de açúcares utilizados foram cristal, açúcar de coco, refinado, demerara e mascavo. E também, pectina de alto teor de metoxilação. Devido à acidez adequada da goiaba não foi adicionado ácido cítrico para a elaboração das geleias.

2.2 Elaboração da geleia

O preparo da geleia foi realizado no Laboratório de Processamento de Produtos Vegetais – DCA/UFLA. Após fazer o descarte dos frutos com danos físicos e microbiológicos e remoção manual das folhas, a goiaba foi lavada com água potável, retirada a sua casca e congelada até o momento do preparo da geleia. Triturou-se a goiaba em um liquidificador e em seguida a polpa obtida foi finamente peneirada para se obter o suco clarificado.

As porcentagens dos ingredientes utilizados para preparação das geleias foram: 60% da polpa do fruto, 40% de açúcar e 1,0% de pectina de alto teor de metoxilação (ATM). Para a elaboração das geleias, foi adicionado açúcar na polpa de fruta e então o processamento foi feito em panela aberta aquecida por uma chama de gás. Após a fervura, foi adicionada a pectina ATM. No final do processo, quando os sólidos solúveis atingiu 65°Brix, foi interrompido o aquecimento. Os sólidos solúveis totais foram determinados usando o modelo de refratômetro portátil RT-82. As geleias quentes foram vertidas em frascos de vidros esterilizados com capacidade de 350mL e armazenadas em temperatura de 7°C até momento das análises.

Foram elaboradas cinco formulações de geleia de goiaba, sendo que a única variação entre elas foi o tipo de açúcar utilizado.

2.3 Análises de Textura

A análise do perfil de textura (TPA) foi realizada em modo de penetração de acordo com as seguintes condições: velocidade de pré-ensaio de 1,0 mm/s, velocidade de teste de 1,0 mm/s, velocidade pós-teste de 1,0 mm/s, intervalo entre os ciclos de penetração de 10s, distância de 40mm e uma de compressão com uma sonda de alumínio 6,0 milímetros cilíndrica de diâmetro utilizando o texturômetro Stable Micro Systems Modelo TA-XT2i (Goldaming, Inglaterra). As amostras de geleia foram comprimidas 40%. Os parâmetros de textura analisados foram dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A textura está intimamente ligada à estrutura celular e à composição péctica da fruta, sendo portando uma caraterística intrínseca da goiaba. No entanto, açúcares utilizados podem ter influenciado diretamente nesta característica. Os parâmetros de textura, como dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade das geleias de goiaba elaboradas com diferentes tipos de açúcares estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios para os dados de textura avaliados na geleia de goiaba obtida a partir de diferentes tipos de açúcares.

	Parâmetros de Textura					
Formulações	**Dur**	**Ade**	**Elas**	**Coe**	**Gomo**	**Masti**
Cristal	0,165^{b}	0,141^{a}	0,995^{a}	0,598^{b}	0,098^{a}	0,098^{a}
Coco	0,136^{b}	0,124^{a}	0,995^{a}	0,592^{b}	0,080^{b}	0,080^{b}
Refinado	0,148^{b}	0,106^{a}	0,988^{a}	0,567^{b}	0,084^{b}	0,083^{b}
Demerara	0,214^{a}	0,061^{b}	0,958^{a}	0,457^{c}	0,097^{a}	0,093^{a}
Mascavo	0,050^{c}	0,045^{b}	0,978^{a}	0,669^{a}	0,033^{c}	0,033^{c}

Dur – dureza (N); Ade- adesividade (N.s); Elas – elasticidade, Coe – coesividade; Gomo – gomosidade (N); Masti – mastigabilidade(N) * Os valores médios com letras minúsculas iguais na coluna, indicam que não há uma diferença significativa entre as amostras (p ≤0,05) a partir do teste de Tukey significativo.

Em relação à textura, percebe-se pela Tabela 1, que a geleia produzida com açúcar cristal apresentou os maiores valores para praticamente todos os atributos de textura, ou seja, esta formulação caracterizou por apresentara maior adesividade (0,141N.s), maior

elasticidade (0,995), maior gomosidade (0,098N) e maior mastigabilidade (0,098N). A geleia obtida a partir do açúcar demerara caracterizou-se por apresentar o maior valor de dureza (0,214 N) e a geleia produzida com açúcar mascavo apresentou o maior valor para o parâmetro de coesividade (0,669).

A dureza mede a força necessária para atingir uma dada deformação, a elasticidade mede a velocidade com que o material deformado volta a sua condição original após ser retirada a força deformante, a coesividade mede a extensão até a qual o material pode ser distendido antes de romper irreversivelmente, a gomosidade mede a energia requerida para se desintegrar um alimento semissólido ao ponto de ser engolido e a mastigabilidade reflete a energia requerida para mastigar um alimento sólido até o ponto de ser engolido. Dessa maneira, o açúcar cristal dá origem a uma geleia mais elástica e gomosa.

Já a adesividade mede quantidade de força para simular o trabalho necessário para sobrepor as forças de atração entre a superfície do alimento e a superfície em contato com este. A geleia elaborada a partir do açúcar cristal foi a formulação mais adesiva.

Os parâmetros de textura são essenciais para uma boa aceitação da geleia, uma vez que se acredita que as texturas são resultados de combinações de ingredientes e sabores em conjunto com o modo de preparo. As características sensoriais como aparência, cor e textura são fundamentais na escolha de um alimento e uma boa textura transmite confiança de que o alimento realmente apresenta qualidade (FOODSERVICENEWS, 2017).

Para correlacionar os dados da Tabela 1 foi feito uma análise de componentes principais- PCA. A análise de componentes principais (PCA) foi gerada para correlacionar os parâmetros de textura com as geleias de goiaba elaboradas com os diferentes tipos de açúcares e está apresentada na Figura 1.

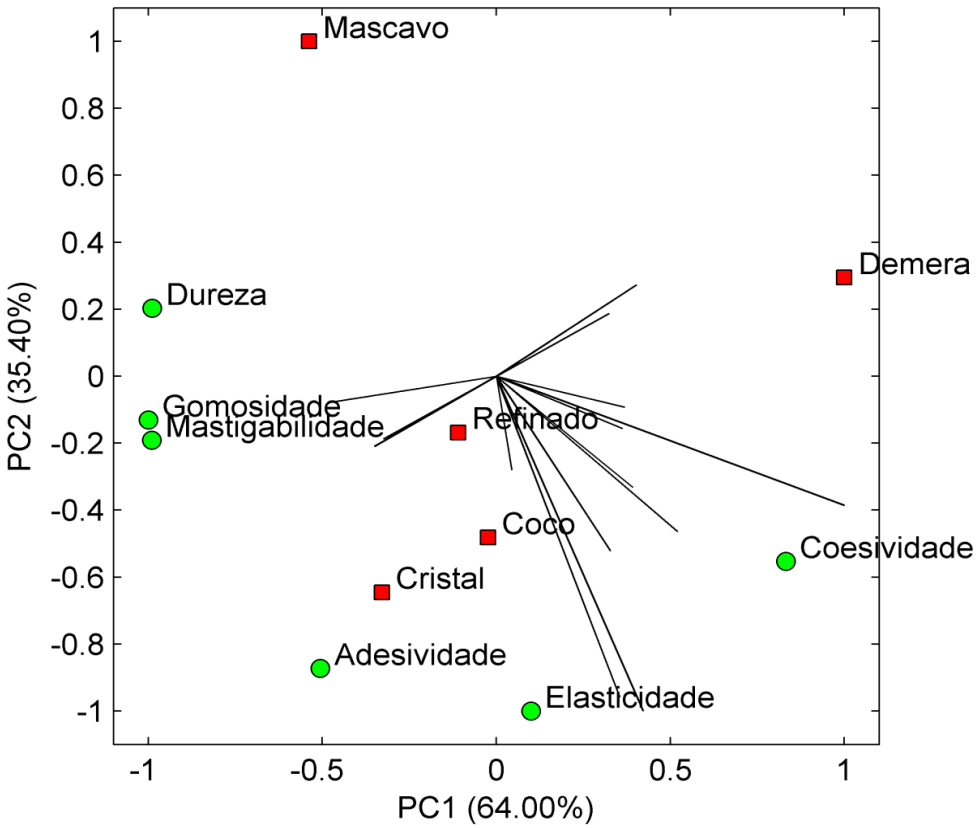


Figura 1- Análise de Componentes Principais (PCA) para as amostras de geleia de goiaba produzida com diferentes tipos de açúcares.

Como observado na tabela 1, a análise de PCA nos mostra que a geleia produzida com açúcar cristal apresentou os maiores valores para praticamente todos os atributos de textura, ou seja, esta formulação caracterizou por apresentara maior adesividade , maior elasticidade , maior gomosidade e maior mastigabilidade.

4. CONCLUSÃO

Inúmeros fatores podem explicar a alteração de textura entre as geleias de goiaba elaboradas a partir de diferentes tipos de açúcares. O açúcar cristal e refinado passam por um processo de refinamento onde recebem aditivos químicos, como clarificantes e conservantes, que permanecem em parte no produto final. A qualidade e o tipo de açúcar presente são fatores que podem influenciar diretamente a geleificação e, consequentemente, a textura do produto final.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução de Diretoria Colegiada n. 12, de 24 de juho de 1978. **Normas Técnicas Relativas à Alimentação e Bebidas**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 24 dez. 1978. Seção 1, p. 1-75. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>. Acesso em: 10 de jul. 2017.

FERREIRA, P.R. Goiaba deve atrair mais consumidores. **Gazeta Mercantil**, p. B-20, 25 de abril 2000.

FOODSERVICENEWS. **Textura muito mais do que aparência**, 2017. Disponível em: <http://www.foodservicenews.com.br/textura-muito-mais-do-que-a-aparencia>. Acesso em: 22 de junho de 2017.

FURTADO, A. A. L; CABRAL, L. M. C., ROSA, M. de F., MODESTA, R.C.D., PONTES, S.M. Avaliação microbiológica e sensorial da polpa de goiaba tratada termicamente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.22, , p.91-95, 2000.

MÉLO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, P. P. Formulação e avaliação físico-química e sensorial de geléia mista de pitanga (Eugenia uniflora L.) e acerola (Malpighia sp). **B.CEPPA**, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 33-44, 1999.

MEDINA, J. C.; CASTRO, J. V.; SIGRIST, J. M. M., MARTIN, Z.J.; KATO, K.; MAIA, M. L.; GARCIA, A. E. B.; LEITE, R. S. S. F. **Goiaba – Frutas Tropicais**. Campinas-SP, ITAL, v.6, 2. ed. , p.17, 1991.

MURAKAWA, F.E. São Paulo joga lixo 30 mil t de goiaba. **Folha de São Paulo**, Caderno Agrofolha, p. 5-6, 20 de janeiro de 1998.

RATHORE, D. S. Effect of season on the growth and chemical composition of guava (Psidium guajava L.) fruits. **The Journal of Horticultural Science**. Ashford Kent, v.51, p. 41-47, 1976.

SATO, A. C. K.; CUNHA, R. L.; ARGANDOÑA, E. J. S. Avaliação da Cor, Textura e Transferência de Massa Durante o Processamento de Goiabas em Calda. Braz. **Journal of Food Technology**. v.8, p.149-156, 2005.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 2-3, p. 247-253, 2001.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA GELEIA DE GOIABA PRODUZIDA COM DIFERENTES TIPOS DE AÇÚCARES

[1]Salgado, Derlyene Lucas (derlylavras@yahoo.com.br), **[1]Oliveira, Érica Resende** (erica_le@hotmail.com), **[2]Curi, Paula Nogueira** (paulanogueiracuri@yahoo.com.br), **[1]Carvalho, Elisângela Elena Nunes** (elisangelacarvalho@dca.ufla.br)

[1]Universidade Federal de Lavras- Departamento de Ciências dos Alimentos-DCA
[2]Universidade Federal de Lavras- Departamento de Agricultura-DAG
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: O açúcar é componente essencial à fabricação de geleias sendo normalmente utilizada a sacarose na forma de cristal branco ou refinado. Entretanto, diante da maior conscientização do consumidor da estrita relação entre dieta e saúde, vem surgindo uma grande demanda pelo consumo de açúcares mais saudáveis ou menos prejudiciais a saúde. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência de diferentes tipos de açúcares (cristal, refinado, demerara, mascavo e de coco) na aceitação sensorial da geleia de goiaba. Foram elaboradas cinco formulações de geleia de goiaba sendo que a única variação foi em relação ao tipo de açúcar. Após a elaboração das geleias foi realizado a caracterização físico-química das amostras. As geleias produzidas com açúcares de maior qualidade nutricional apresentaram características físico-químicas próximas as formulações tradicionais elaboradas com os açúcares típicos – cristal e refinado. Dessa maneira, sugere-se a elaboração de geleias e produtos afins com os açúcares mascavo, demerara e de coco, uma vez que estes açúcares não passam por um processo de refinamento e não recebem aditivos químicos em sua formulação.

Palavras Chave: açúcar; geleia; goiaba; processamento.

PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF GUAVA JELLY PRODUCED WITH DIFFERENT TYPES OF SUGARS

ABSTRACT: Sugar is an essential component in the manufacture of jellies and sucrose is usually used in the form of white or refined crystal. However, given the increased consumer awareness of the strict relationship between diet and health, a great demand has arisen for the consumption of sugars that are healthier or less harmful to health. In view of the above, the objective of this study was to evaluate the influence of different sugar types (crystal, refined, demerara, brown and coconut) on the sensory acceptance of guava jelly. Five formulations of guava jelly were made where the only variation was in relation to the type of sugar. After the preparation of the jellies, the physical-chemical characterization of the samples was carried out. The jellies produced with sugars of higher nutritional quality presented physicochemical characteristics close to the traditional formulations elaborated with the typical sugars - crystal and refined. In this way, it is suggested the elaboration of jellies and related products with the brown, demerara and coconut sugars, since these sugars do not undergo a process of refinement and do not receive chemical additives in its formulation.

Keywords: sugar; jelly; guava; processing.

1. INTRODUÇÃO

O açúcar é componente essencial à fabricação de geleias sendo normalmente utilizada a sacarose na forma de cristal branco ou refinado (JACKIX, 1988). Entretanto, na obtenção do açúcar branco, especialmente durante as etapas de extração e refino, são acrescentados alguns aditivos tais como clarificantes e conservantes que permanecem, pelos menos em parte, nos produtos aos quais são adicionados (MENDONÇA *et al*., 2000).

Assim, a indústria de alimentos esta continuamente buscando alternativas com utilização de outros tipos de açúcares mais saudáveis e menos ofensivos a saúde dos consumidores. No entanto, uma substituição no tipo de açúcar é associada com mudanças significativas na textura, cor, sabor e aroma, sendo assim um grande desafio encontrar substitutos adequados que resultam em produtos satisfatórios (STRUCK *et al*.,2014).

O açúcar mascavo é o açúcar bruto, escuro e úmido, extraído depois do cozimento do caldo de cana. Como o açúcar mascavo não passa pela etapa de refinamento, ele apresenta melhores características nutricionais. Este açúcar apresenta em sua composição final sais minerais e componentes orgânicos bastante próximos do caldo da cana-de-açúcar (LOPES e BORGES, 1998).

O açúcar demerara é um tipo de açúcar granulado de coloração amarelada e se caracteriza por apresentar cristais envoltos por uma película aderente de mel. Passa por um leve refinamento semelhante ao açúcar cristal. Em sua composição encontramos vitaminas do complexo B, cálcio, magnésio, fósforo e potássio. No entanto, o poder adoçante do açúcar demerara é menor que o do açúcar branco, então, deve-se usar um pouco a mais da quantidade de açúcar que o habitual (MACHADO, 2010).

O açúcar de coco é produzido de maneira rústica e sem adição de químicos, o açúcar de coco é uma alternativa mais natural e saudável ao refinado. O processo de extração é feito a partir das flores da palma de coco. Por não passar pelo processo industrial de refinamento este açúcar mantém as vitaminas e mineiras originais provindos da palma de coco e, por isso, é um dos mais nutritivos (PAQUETE, 2015).

Tendo em vista as exigências dos consumidores cada vez maiores em relação à qualidade, principalmente relacionada a benefícios a saúde, o objetivo desse estudo foi avaliar a influencia de diferentes tipos de açúcares (cristal, refinado, demerara, mascavo e de coco) nas características físico-químicas da geleia de goiaba e verificar qual açúcar é mais viável para o processamento em escala industrial.

2. METODOLOGIA

2.1 Elaboração da geleia

Para a elaboração da geleia foi utilizado a goiaba da espécie *Psidium guajava*, da família Myrtaceae, colhidas no Sítio “Mato Dentro” na cidade de Itutinga- MG, no período de Janeiro a Fevereiro de 2017. Os diferentes tipos de açúcares utilizados foram cristal, coco, refinado, demerara e mascavo. E também, pectina de alto teor de metoxilação (ATM). Devido a acidez adequada da goiaba não foi adicionado ácido cítrico para a elaboração das geleias.

O preparo da geleia foi realizado no Laboratório de Processamento de Produtos Vegetais – DCA/UFLA. Após fazer o descarte dos frutos com danos físicos e microbiológicos e remoção manual das folhas, a goiaba foi lavada com água potável, retirada a sua casca e congelada até o momento do preparo da geleia. Triturou-se a goiaba em um liquidificador e em seguida a polpa obtida foi finamente peneirada para se obter o suco clarificado.

As porcentagens dos ingredientes utilizados para preparação das geleias foram: 60% da polpa do fruto, 40% de açúcar e 1,0% de pectina de alto teor de metoxilação. Para a elaboração das geleias, foi adicionado açúcar na polpa de fruta e então o processamento foi feito em panela aberta aquecida por uma chama de gás (Macanuda, SC, Brasil). Após a fervura, foi adicionada a pectina ATM. No final do processo, quando os sólidos solúveis

atingiu 65°Brix, foi interrompido o aquecimento. Os sólidos solúveis totais foram determinados usando o modelo de refratômetro portátil RT-82. As geleias quentes foram vertidas em frascos de vidros esterilizados com capacidade de 250mL e armazenadas em temperatura de 7°C até momento das análises.

Foram elaboradas cinco formulações de geleia de goiaba, sendo que a única variação entre elas foi o tipo de açúcar utilizado.

2.2 Análises de Cor

Foram feitas análises de cor (L*, a* e b*) em três repetições nas três formulações de geleia. As análises foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita (DCA/UFLA).

A cor foi determinada de acordo com o método descrito por GENNADIOS *et al*. (1996). Os valores de L*, a* e b* foram determinados usando um colorímetro Minolta CR 400 com padrões D65 e CIELab, onde L* varia de 0 (preto) a 100 (branco), em que o valor 0 indica o preto (ou cor escura) e o 100, o branco (cor clara), a* varia de verde (-) para vermelho (+) e b* varia de azul (-) para amarelo (+). Valores de |H*| próximos de 90, indicam tonalidade amarela, e, quanto mais próximos de 0, a tonalidade vermelha. Com relação ao croma, quanto mais altos os valores de C*, mais viva a cor observada.

2.3 Análises Físico-químicas

Foram feitas análises de sólidos solúveis, acidez total e pH nas cinco formulações de geleia de goiaba produzidas com diferentes tipos de açúcares. As análises foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Os valores de acidez total, sólidos solúveis e pH foram determinados de acordo com Instituto Adolfo Lutz – IAL (2005).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Teor de sólidos solúveis, acidez total e pH

As médias do teor de sólidos solúveis, acidez total e pH das geleias de polpa de goiaba elaboradas com diferentes tipos de açúcares encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Médias para os atributos físico-químicos avaliados na geleia de goiaba obtida a partir de diferentes tipos de açúcares.

	Parâmetros Físico-Químicos		
Formulações	**Sólidos Solúveis**	**Acidez**	**pH**
Cristal	63[a]	0,224[a]	4,16[a]
Coco	60[a]	0,218[a]	5,13[a]
Refinado	60[a]	0,224[a]	4,12[a]
Demerara	59[a]	0,230[a]	4,46[a]
Mascavo	60[a]	0,295[a]	5,16[a]

Sólidos Solúveis (ºBrix), Acidez (g ácido cítrico/100g). Os valores médios com letras minúsculas iguais na coluna indicam que não há uma diferença significativa entre as amostras (p ≤0,05) a partir do teste de Tukey significativo.

A concentração de sólidos solúveis determina a doçura do fruto durante a maturação e está relacionada ao seu sabor. Os sólidos solúveis totais representam o conteúdo de açúcares solúveis, ácidos orgânicos e outros constituintes presentes nas frutas. A concentração desses sólidos, em conjunto com a acidez, é uma das variáveis mais

importantes para medir a qualidade de frutos, como o grau de maturação (SANTANA *et al*., 2008).

As determinações de pH, acidez e o teor de sólidos solúveis, contribuem para a apreciação objetiva do sabor dos frutos. O pH, geralmente inferior a 4,5 aumenta no decorrer do amadurecimento e influencia as características sensoriais e a capacidade de conservação dos frutos. É um parâmetro importante na determinação do potencial de crescimento de microrganismos capazes de provocar deterioração e também no crescimento de microrganismos patogênicos (SOUSA *et al*., 2007).

Em relação aos parâmetros físico-químicos, o pH das geleias de goiaba variou de 4,12 a 5,16, a acidez total titulável variou de 0,218 a 0,295 g ácido cítrico/100g e o teor de sólidos solúveis variou de 59 a 63 ºBrix. De acordo com Tabela 1, embora não houve diferenças significativas, pode-se perceber que as geleias produzidas com os açúcares mascavo e de coco caracterizam por apresentarem maiores valores de pH. A geleia produzida com o açúcar mascavo apresentou maior acidez total e em contrapartida, a geleia produzida com o açúcar de coco foi a que apresentou menor acidez total titulável.

Em relação aos sólidos solúveis, embora todas as formulações sofreram praticamente o mesmo tempo de processamento, visando atingir 65ºBrix, percebe-se pelo quadro de médias (Tabela 1), que a geleia produzida com açúcar cristal se destacou como a geleia com maior teor de sólidos solúveis (63ºBrix). Enquanto que a geleia produzida com o açúcar demerara apresentou o menor teor de sólidos solúveis (59ºBrix).

3.2 Parâmetros instrumentais de cor

A primeira característica observada em um alimento é a cor, e esta pré-determina expectativas de sabor e qualidade (HENRY, 1996), sendo, portanto, um parâmetro crítico de qualidade. A sua determinação é muito útil para estabelecer correlação com a concentração de pigmentos presentes nas frutas (CHIM, 2008). Os valores de L*, a*, b*, C* e h foram determinados usando um colorímetro Minolta CR 400 e podem ser exemplificados pela Figura 1.

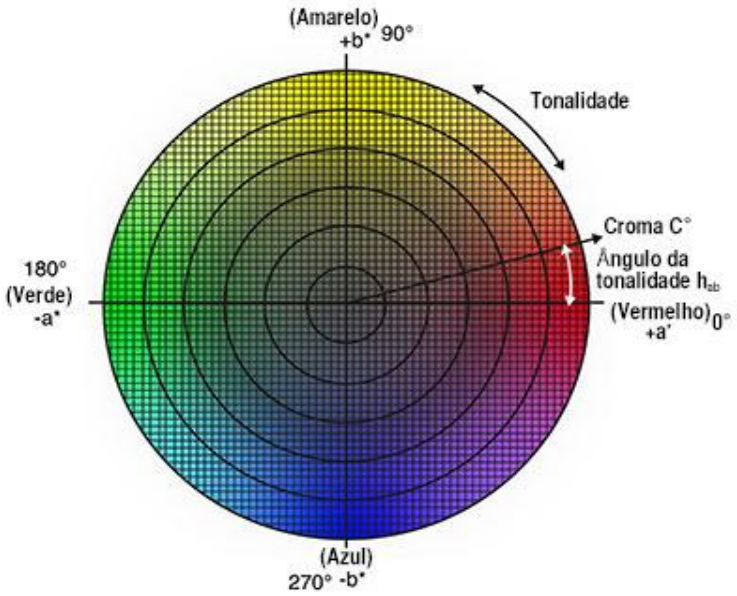


Figura 1. Diagrama de cor com os valores de L*, a* e b* apresentado por um colorímetro Minolta CR 400 com padrões D65 e CIELab.

Os parâmetros instrumentais de cor das geleias de polpa de goiaba elaborada com diferentes tipos de açúcares estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Médias para os parâmetros de cor avaliados na geleia de goiaba obtida a partir de diferentes tipos de açúcares

	Parâmetros Físico-Químicos				
Formulações	**L***	**a***	**b***	**C***	**h**
Cristal	25,60^{a}	19,65^{a}	16,37^{a}	25,58^{a}	39,79^{c}
Coco	8,63^{c}	5,49^{b}	7,29^{b}	9,12^{c}	53,04^{a}
Refinado	24,23^{a}	20,88^{a}	17,34^{a}	27,14^{a}	39,71^{c}
Demerara	22,82^{a}	17,93^{a}	18,64^{a}	25,86^{a}	46,12^{b}
Mascavo	15,44^{b}	9,21^{b}	13,65^{ab}	16,47^{b}	56,01^{a}

Os valores médios com letras minúsculas iguais na coluna indicam que não há uma diferença significativa entre as amostras ($p \leq 0,05$) a partir do teste de Tukey significativo.

Em relação a cor, o parâmetro de cor L* variou de 8,63 a 25,60, o parâmetro de cor a* variou de 5,49 a 20,88 e o parâmetro de cor b* variou de 7,29 a 18,64 (Tabela 2). De acordo Tabela 2 pode-se verificar que as geleias produzidas com açúcares cristal, refinado e demerara apresentaram os maiores valores de L*, a* e b*. Ou seja, foram as formulações de geleia mais claras e com maior intensidade de coloração vermelho/amarelada.

Quando a coordenada a* é positiva, o fruto apresenta tom mais próximo ao vermelho e quando coordenada a* é negativa, o tom do fruto é mais próximo ao verde. A elevação do valor da coordenada a* pode ser atribuída ao estádio de maturação em que o fruto foi colhido, alterando o conteúdo de antocianinas, presente em maior quantidade nos frutos maduros, e que é justificado pela síntese destes pigmentos conforme ocorre a degradação da clorofila (CHITARRA, 2007). O acúmulo de pigmentos escuros nos estádios finais de maturação proporciona aparência atrativa ao fruto (SANTOS *et al*., 2002). Sendo assim, a polpa de goiaba utilizada nesse experimento, como esperado, teve origem de frutos maduros.

O valor de H ou ângulo Hue, representante da tonalidade da cor, expressa a medida do comprimento de onda médio da luz que ele reflete ou emite, definindo a cor do objeto (CEPRSM, 2015). O valor do ângulo Hue encontrado para a geleias de goiaba elaboradas a partir de diferentes açúcares variaram de 39,71 a 56,01. O menor ângulo Hue representa maior intensidade da cor vermelha. As geleias elaboradas com os açúcares mascavo e de coco apresentaram maior valor do ângulo Hue, de 56,01 e 53,04 respectivamente, indicando uma coloração puxando para o laranja escuro.

O parâmetro cromaticidade (C*) permite caracterizar a concentração ou saturação da cor global (SANTOS, 2011). Para a cromaticidade, os valores encontrados para as geleias de goiaba se situam na faixa entre 9,12 e 27,14. Para SANTOS (2011), valores menores de saturação indicam cores mais pálidas, ou seja, percebem-se cores menos puras. A geleia elaborada com açúcar refinado apresentou maior valor de C*, indicando uma cor mais viva.

4. CONCLUSÃO

Os açúcares cristal, refinado e demerara deram origem às formulações de geleia mais claras e com maior intensidade de coloração vermelho/amarelada. Os açúcares mais nutritivos, mascavo e de coco, deram origem a geleias com cores escuras apresentando uma coloração vermelho/alaranjado. Não houve diferença entre os atributos físico-químicos de acidez, sólidos solúveis e pH.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHIM, J. F. **Caracterização de compostos bioativos em amora-preta (Rubus sp.) e sua estabilidade no processo e armazenamento de geléias convencional e light**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas (RS), 2008. 100 p.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Viçosa, MG: CPT, 2007.

IAL—Instituto Adolfo Lutz (2005). **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo: Instituto.

GENNADIOS, A.; WELLER, C.L.; HANNA, M.A. Mechanical and barrier properties of egg albumen films. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 61, n. 3, p. 585-89, mai. 1996.

JACKIX, M. H. **Doces, geléias e frutas em caldas: teórico e prático**. Ed. da UNICAMP. São Paulo: Icone, 1988. 172p.

LOPES, C. H.; BORGES, M. T. M. R. **Produção de Açúcar Mascavo, Rapadura e Melado de Cana**. Rio Grande do Sul: Capacitação Tecnológica para a Cadeia Agroindustrial, 1998. 44 p.

MACHADO, S.S.; **Tecnologia de fabricação do açúcar**. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia, Inhumas, Goiás, 2012.

MENDONÇA, C. R.; RODRIGUES, R. S.; ZAMBIAZI, R. C. Açúcar mascavo em geleiadas de maçã. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n.6, p. 1053-1058, 2000.

PAQUETE, S. Quais as diferenças entre açúcar cristal, refinado, demerara e mascavo? **Super Interessante**: Mundo Estranho, v. 36, 2015.

SANTOS, A. F.; SILVA, S. M.; MENDONÇA, R. M. N.; SILVA, M. S.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. Alterações Fisiológicas Durante a Maturação de Pitanga (Eugenia uniflora L.). **Proceedings of Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Estados Unidos, v. 46, p. 52-54, 2002.

SANTOS, M. dos. **Análise cromática de vinhos tintos da variedade Cabernet Sauvignon do Rio Grande do Sul**. 2011. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS), 2011.

SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JR, G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 351 - 355, 2007.

STRUCK, S., JAROS, D., BRENNAN, C. S., ROHM, H. Sugar replacement in sweetened bakery goods. **International Journal of Food Science & Technology**, v.49, p.1963-1976, 2014.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

DETERMINAÇÃO DO PERFIL HIGIÊNICO-SANITÁRIO DOS MANIPULADORES E COMERCIANTES DE ALIMENTOS EM UMA FEIRA LIVRE DE LAVRAS - MG

[1]**Lima, Clara Mariana Gonçalves** (claramarianalima@gmail.com), [2]**Santos, Karine Amaral Dos** (karine.engenharia@rocketmail.com), [3]**Gonçalves, Jaqueline Teixeira Teles** (jaquelinettg@gmail.com), [4]**Miranda, Adriana Da Silva** (adrinut@gmail.com), [4]**Santana, Renata Ferreira** (rena_nutri@yahoo.com.br)

[1]**Universidade Federal de Lavras** – Departamento de Ciência dos Alimentos
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

[2]**Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia** – Laboratório de Engenharia de Processos
Rodovia BR 415, Km 03, S/N, Itapetinga, Bahia, Cep 45700-000

[3]**Universidade Estadual de Montes Claros** – Docente - Colegiado de Medicina
Av. Dr. Ruy Braga, S/N, Montes Claros, Minas Gerais, Cep 39401-089

[4]**Faculdade de Tecnologia e Ciências** – FTC **–** Docente - Colegiado de Nutrição
Rua Ulbaldino Figueira, nº 200, Exposição, Vitória da Conquista, Bahia, Cep 45020-510

RESUMO: As feiras livres constituem locais tradicionais de comercialização de alimentos manipulados. Sabe-se que praticamente a totalidade das barracas possuem estrutura física inadequada, apresentando deficiências higiênico-sanitárias que comprometem a inocuidade dos produtos e, consequentemente, coloca em risco a saúde dos consumidores. Objetivou-se com este trabalho, determinar o perfil higiênico-sanitário dos manipuladores e comerciantes de alimentos manipulados em uma feira livre de Lavras - Minas Gerais. Foram identificadas 12 barracas em que se comercializam alimentos manipulados salgados e doces. Para determinar o perfi higiêncio-sanitário dos colaboradores, aplicou-se um questionário. Os resultados obtidos revelaram que a maioria das barracas nunca foram vistoriadas por órgão legal, ao passo que, as que tiveram, não recordam de qualquer informação. Os manipuladores e comerciantes, em maioria, detêm o conhecimento de que os micro-organismos são transmitidos devido às inadequadas práticas de manipulação. Observou-se que nenhum dos entrevistados possuem acesso à instalações sanitárias com água potável, papel higiênico, lixeira, sabonete, lavatório e toalha. Poucos comerciantes expandiram seus conhecimentos acerca do ofício, devido à falta de oportunidade, estímulo e condição financeira. Diagnosticou-se o não cumprimento das BPF's por parte dos envolvidos, tal fato compromete a qualidade desses serviços de alimentação.

Palavras Chave: barracas; colaboradores; questionário.

DETERMINATION OF THE HYGIENIC-SANITARY PROFILE OF MANIPULATORS AND FOOD TRADERS IN A STREET FAIR OF LAVRAS - MG

ABSTRACT: Street fair are traditional places for the marketing of processed food. It is known that practically all tents have an inadequate physical structure, presenting hygienic-sanitary deficiencies that compromise the safety of products and, consequently, endanger the health of consumers. The

objective of this study was to determine the hygienic-sanitary profile of manipulators and food traders handled in a street fair in Lavras, Minas Gerais. Twelve stalls were identified in which salted and sweet handled foods were marketed. To determine the health and hygiene profile of the contributors, a questionnaire was applied. The results showed that most of the tents were never inspected by a legal body, whereas those that had, do not remember any information. Handlers and traders, for the most part, have the knowledge that micro-organisms are transmitted due to inadequate handling practices. It was observed that none of the interviewees have access to sanitary facilities with drinking water, toilet paper, trash, soap, lavatory and towel. Few traders had opportunities to expand their knowledge of the trade due to lack of opportunity, stimulus, and financial condition. Failure to comply with GMP's by those involved was diagnosed, which compromises the quality of these food services.

Keywords: tents; contributors; questionnaire.

1. INTRODUÇÃO

Pode-se observar, nos cenários nacional e internacional, que ao longo dos anos ocorrem mudanças importantes no modo de viver das pessoas em decorrência do intenso processo de desenvolvimento industrial, urbanização e inserção da mulher no mercado de trabalho. Assim sendo, os hábitos alimentares foram modificados, tal processo se consolida a cada dia deixando de ser apenas uma oscilação temporária, tornando a alimentação fora dos lares um fenômeno contínuo e persistente.

Devido a essas mudanças no padrão alimentar, há uma preocupação maior com a qualidade e segurança dos alimentos, os quais devem possuir um controle higiênico-sanitário, que consiste em técnicas e normas para verificar se os alimentos estão sendo manipulados, produzidos, fabricados ou distribuídos de acordo com Boas Práticas (BENEVIDES; LOVATTI, 2004)

As feiras livres constituem locais tradicionais de comercialização de alimentos manipulados. Sabe-se que praticamente a totalidade das barracas possuem estrutura física inadequada, apresentado deficiências higiênico-sanitárias que comprometem a inocuidade dos produtos e, consequentemente, coloca em risco a saúde dos consumidores.

Existem várias doenças veiculadas por alimentos (DVAs), porém as que mais se relacionam com os serviços de alimentação são as toxinfecções de origem bacteriana. A ocorrência dessas doenças está relacionada com vários fatores, tais como: temperatura, armazenamento, conservação, manipulação, hábitos higiênicos, entre outros. Enquanto as infecções são causadas pela ingestão de alimentos contaminados por microrganismos patogênicos que se multiplicaram, as intoxicações são causadas pela ingestão de alimentos contendo toxina microbiana. A evolução tecnológica nos últimos anos foi realmente importante em relação à conservação e higiene dos alimentos, entretanto, tais toxinfecções ainda constituem sério problema de saúde pública em países em desenvolvimento como o Brasil (RIBEIRO et al., 2016; RIEDEL, 2005).

Objetivou-se com este trabalho, determinar o perfil higiênico-sanitário dos manipuladores e comerciantes de alimentos manipulados em uma feira livre de Lavras - Minas Gerais.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi conduzido no município de Lavras - MG, com realização de visita de campo em uma tradicional feira livre da cidade. Foram identificadas 12 barracas em que se comercializam alimentos manipulados salgados e doces. Para determiner o perfi higiêncio-sanitário dos colaboradores, aplicou-se um questionário desenvolvido pelos pesquisadores.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Considerando a escolaridade das pessoas entrevistadas, 41,7% concluiu o ensino fundamental, 50% o ensino médio e 8,3% o ensino superior. Observou-se que 75% são mulheres, o mesmo percentual possui faixa etária entre 35 a 55 anos e 25% possui idade acima de 55 anos. As questões avaliadas na feira livre estão apresentadas na Figura 1.

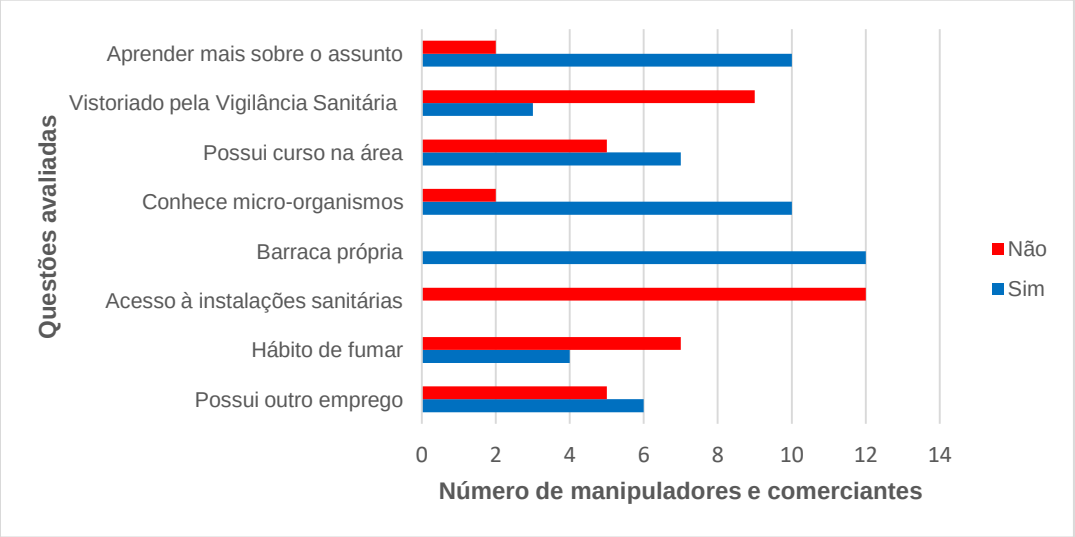


Figura 1. Dados gerais dos manipuladores e comerciantes de alimentos em uma feira livre de Lavras - MG

Ao serem questionados quanto à terceirização dos alimentos comercializados, 100% dos entrevistados afirmaram que a produção é realizada por eles mesmos.

Pode-se afirmar conforme a Figura 1 que 25% dos manipuladores possuem o hábito de fumar. Vale ressaltar que as pessoas envolvidas em atividades de manipulação de alimentos devem evitar comportamentos que comprometam a qualidade sanitária dos mesmos, como por exemplo, fumar, cuspir, mascar, comer, espirrar ou tossir sobre alimentos não protegidos (BRASIL, 2004).

Ao avaliar o conhecimento dos manipuladores a respeito das ações microbianas de deterioração e contaminação verificou-se que 83,5% conhece as ações. Os manipuladores, em maioria, são cientes de que os micro-organismos são transmitidos devido às inadequadas práticas de manipulação, podendo causar danos à saúde dos consumidores, porém, observou-se que estes não conseguem relacionar a existência da carga microbiana com as etapas da cadeia produtiva.

CAVALLI e SALAY (2007) ressaltam que uma das principais causas de surtos de doenças de origem alimentar está relacionado ao despreparo dos manipuladores de alimentos, por apresentaram maus hábitos de higiene e de práticas inadequadas na operacionalização.

Um dado preocupante diz respeito ao acesso a instalações sanitárias com água potável, papel higiênico, lixeira, sabonete, lavatório e toalha, observou-se que 100% dos entrevistados disseram não possuir tal acesso. Este valor foi superior ao apresentado por MALLON e BORTOLOZO (2004), em seu trabalho avaliando as condições higiênico-sanitárias de alimentos comercializados por ambulantes em Ponta Grossa - Paraná, verificou-se que 87,5% dos manipuladores não possuia lugar apropriado para a higienização das mãos.

Cerca de 83,5% dos manipuladores manifestaram interesse em expandir seus conhecimentos sobre o assunto. No entanto, poucos tiveram tal oportunidade e os principais fatores são: falta de estímulo, disponibilidade de tempo, e condição financeira.

LEVINGER (2005) ressalta a necessidade da ocorrência de treinamentos e capacitações educativas que irão contribuir para a segurança do manipulador no manuseio de alimentos, além de proporcionar à população um alimento de qualidade, do ponto de vista microbiológico.

Além disso, cabe aos órgãos de fiscalização maior atuação na comercialização de alimentos, uma vez que, 75% dos manipuladores nunca foram vistoriados pela vigilância

sanitária municipal, já os que a tiveram, não recordam das informações tais como: ano, nome do órgão e resultados.

4. CONCLUSÃO

Diagnosticou-se o não cumprimento das Boas Práticas de Fabricação (BPF's) por parte dos envolvidos, tal fato compromete a qualidade desses serviços de alimentação uma vez que pode favorecer o crescimento e multiplicação de micro-organismos possibilitando a ocorrência de toxinfeções.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA. Agência Nacional de vigilância sanitária. Cartilha sobre Boas práticas para serviços de alimentação. Resolução-RDC n° 216/2004.

Benevides CMJ, Lovatti RCC. Segurança alimentar em estabelecimentos processadores de alimentos. **Revista Higiene Alimentar**, 18(125):24-7, 2004.

CAVALLI, S. B.; SALAY, E. Gestão de pessoas em unidades produtoras de refeições comerciais e a segurança alimentar. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 20, n. 6, 2007.

LEVINGER, B. School feeding, school reform, and food security: connecting the dots. **Food Nutrition Bulletin**, v.26, p.170-178, 2005.

MALLON, C.; BORTOLOZO, E.A.F.Q. Alimentos comercializados por ambulantes: uma questão de segurança alimentar. **Ciencias Biologicas e da Saude**, v. 10, n.3/4, p. 65-76, 2004.

RIBEIRO, A. A; PESSOA, M. T. G; AZEVEDO, S. M. U; OLIVEIRA, V. T. L; MEIRELES, A. L. Caracterização socioeconômica, estado nutricional e prevalência de insegurança alimentar em idosos usuários de um restaurante popular de um município do nordeste brasileiro. **Revista Ciência Plural**, 2(3):59-71, 2016.

RIEDEL, G. **Controle Sanitário dos Alimentos**. 3. Ed. São Paulo: Editora Atheneu, p. 455, 2005.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

TEOR DE UMIDADE EM MANTEIGAS COMERCIALIZADAS NA CENTRAL DE ABASTECIMENTO DE VITORIA DA CONQUISTA-BA

[1]**Lima, Clara Mariana Gonçalves** (claramarianalima@gmail.com), [2]**Nunes Junior, Edson De Melo** (edsonmello_junior@hotmail.com), [2]**Souza, Lorena Alves De** (lorea.souza@outlook.com), [3]**Miranda, Adriana Da Silva** (adrinut@gmail.com), [3]**Santana, Renata Ferreira** (rena_nutri@yahoo.com.br)

[1]**Universidade Federal de Lavras** – Departamento de Ciência dos Alimentos
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

[2]**Faculdade de Tecnologia e Ciências** – Acadêmicos - Colegiado de Nutrição
Rua Ulbaldino Figueira, nº 200, Exposição, Vitória da Conquista, Cep 45020-510

[3]**Faculdade de Tecnologia e Ciências** – FTC **–** Docente - Colegiado de Nutrição
Rua Ulbaldino Figueira, nº 200, Exposição, Vitória da Conquista, Cep 45020-510

RESUMO: A manteiga é considerada uma emulsão do tipo água em óleo, obtida pela batedura do creme oriundo do desnate do leite. O objetivo deste estudo foi analisar o teor de umidade de manteigas do tipo comum comercializadas na Central de Abastecimento da cidade de Vitória da Conquista - Bahia. Foram coletadas 30 amostras de manteiga do tipo comum com sal, em porções de 100g, comercializados em 10 barracas oriundas de cidades distintas as quais foram idententificadas pelas letras (A, B, C, D, E, F, H, I, J e L). Realizou-se a determinação do teor de umidade, segundo metodologia preconizada pelo Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento. Os valores médios encontrados variaram de 14,9% a 20,5% de umidade. Das 10 amostras analisadas sete (A, B, E, G, H, I, J) apresentaram valor de umidade superior ao permitido pela legislação vigente (máximo 16%). Quanto aos lotes, pelo menos em um deles os valores encontrados estavam acima do preconizado (exceto F). Assim, torna-se primordial uma maior padronização do processo de fabricação das manteigas, o que irá garantir produtos de melhor qualidade e consequentemente maior satisfação do consumidor em relação ao produto obtido.

Palavras-chave: Teor de água total; Emulsão; Estabilidade.

MOISTURE CONTENT IN BUTTER SOLD IN THE SUPPLY FOOD CENTER IN VITÓRIA OF THE CONQUISTA-BA

RESUMO: Butter is considered a water-in-oil emulsion obtained by batting the milk skim cream. The aim of this study was to analyze the moisture content of a common type of butter sold at the Food Supply Center in Vitória da Conquista-Ba. We collected 30 samples of common type salty-butter in portions of 100g, sold in ten food stalls from different cities, which were then identified by the letters (A, B, C, D, E, F, H, I, J and L). The moisture content was determined according to the methodology recommended by the Ministry of Agriculture, Livestock and Food supply. The mean values found ranged from 14.9% to 20.5% moisture. Seven out of 10 samples analyzed, (A, B, E, G, H, I, J) had a moisture content higher than allowed by current legislation (maximum 16%). For the lots, at least in one of them, the values found were above the recommended (except F). Therefore, it is paramount a

greater standardization of the butter manufacturing process which will guarantee better quality products, and consequently greater consumer satisfaction in relation to the product obtained.

Keywords: Total water content; Emulsion; Stability.
.

1. INTRODUÇÃO

A água é um componente fundamental para a vida. Nos alimentos, ela é considerada o componente mais abundante, o que possibilita o desenvolvimento de microrganismos, podendo, dessa forma, comprometer a segurança alimentar (CAMPBELL-PLATT, 2015).

A água presente no alimento se encontra de duas formas: água livre e água ligada. A água livre é aquela que se encontra fracamente ligada aos demais components dos alimentos, sendo esta disponível para crescimento microbiano e como meio para reações químicas e bioquímicas, responsáveis por causar alterações indesejáveis nos alimentos. Já a água ligada, encontra-se fortemente associada aos componentes alimentares, o que a torna indisponível para crescimento microbiano e reações químicas e bioquímicas (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Dessa forma, a determinação do teor de água total, mais comumente denominado de umidade, é uma das medidas mais importantes e utilizadas na análise de alimentos, já que esta influencia na sua estabilidade, qualidade e composição, podendo afetar sua estocagem, embalagem e processamento (CECCHI, 2003).

Assim, uma grande gama de alimentos estão propensos a uma maior deterioração sendo essa acelerada pela presença da água. Em emulsões como as manteigas a degradação e, consequente, deterioração pode ser acelerada pela presença de água por uma reação denominada de hidrólise, o que compromete a qualidade do produto e o tempo de prateleira do mesmo (OETTERER; REGITANO-d'ARCE; SPOTO, 2006).

A manteiga, segundo ARAÚJO *et al.* (2007) é um alimento obtido da batedura do creme oriundo do processo de desnatação do leite de vaca. É considerada uma emulsão do tipo água em óleo, onde gotículas esféricas ou ovais de água encontram-se dispersas na fase gordurosa do produto (NAHID *et al*., 2008).

A manteiga comum é um produto regional bastante produzido no Nordeste brasileiro. É facilmente obtida em mercados, supermercados e em locais onde se encontram produtos caseiros e regionais, destacando aqui as feiras livres (AMBRÓSIO *et al.*, 2001).

Dessa forma, conhecer a umidade destes produtos é imprescindível parama vida de prateleira dos mesmos, uma vez que, o excesso de água poderá gerar alterações físico-químicas e microbiológicas, o que pode promover o aumento na microbiota culminando na aceleração do processo de deterioração (COELHO *et al.,* 2009).

Assim, o objetivo deste estudo foi analisar o teor de umidade das manteigas comuns comercializadas na Central de Abastecimento da cidade de Vitória da Conquista - Bahia.

2. METODOLOGIA

Foram coletadas na Central de Abastecimento de Vitória da Conquista – Bahia 30 amostras de manteiga do tipo comum com sal, comercializados em 10 barracas oriundas de cidades distintas as quais foram idententificadas pelas letras (A, B, C, D, E, F, H, I, J e L). Estas foram obtidas em porções de 100 g coletadas em três semanas diferentes, sendo denominadas de Periodo 1, Período 2 e Período 3, durante o mês de Agosto/2017. As amostras foram mantidas sob refrigeração até o momento das análises, as quais foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Tecnologia e Ciência campus Vitoria da Conquista - BA.

Realizou-se a determinação do teor de umidade, segundo metodologia preconizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) n° 68 de12 de dezembro de 2006 (BRASIL, 2006). Para tal, bequeres de 50ml foram previamente secos em estufas a 105 ºC por 1 h. Pesou-se 5g de amostra utilizando balança digital (Bel engineering®/precisão 0,02). Em seguida, o conjunto foi levado à estufa a 102 ºC por 2 horas. O processo se deu até peso constante da amostra analisada. A Equação 1 foi utilizada para a obtenção dos resultados de umidade.

$$\boldsymbol{Umidade}\ (\%) = \frac{[\boldsymbol{b\acute{e}quer + amostra\ \acute{u}mida}] - [\ \boldsymbol{b\acute{e}quer + amostra\ seca}]\boldsymbol{x100}}{[\boldsymbol{b\acute{e}quer + amostra\ \acute{u}mida}] - [\boldsymbol{tara\ do\ b\acute{e}quer}]}$$

Todas as análises foram realizadas em duplicatas com 3 repetições. A análise estatística dos dados foi realizada no *software* SAS® University Edition. Para comparação entre os períodos em que foram coletadas as manteigas, utilizou-se a Análise de Variância (ANOVA), sendo consideradas significativas as diferenças de $p < 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras de manteiga analisadas apresentaram variação no parâmetro estudado, encontrando-se algumas delas fora dos padrões exigidos pela legislação. A Tabela 1 apresenta os dados de Umidade das amostras avaliadas.

Tabela 1: Valor médio e desvio Padrão de Umidade em amostras de manteiga comercializados em Vitória da Conquista - Bahia

Amostras	Umidade (%)
A	17,0±0,00
B	16,5±0,00
C	15,3±0,00
D	15,1±0,000
E	20,5± 0,00
F	14,9±0,00
G	17,4±0,00
H	17,9±0,00
I	18,5±0,01
J	16,9± 0,00
Valor de referência	Máximo 16%

Os valores médios encontrados variaram de 14,9% a 20,5% de umidade. Os dados apontam que das 10 amostras analisadas, sete (A, B, E, G, H, I, J) encontram-se fora do permitido pela legislação vigente que estabelece o valor máximo de 16% de umidade (BRASIL, 1996).

Trabalho realizado por FERNANDES *et al.* (2012) analisando as características fisico-quimicas de manteigas do tipo comum comercializadas em Patos de Minas e Lavras, evidenciaram que das oito amostras analisadas quatro encontravam-se acima do valor estabelecido pela legislação.

Segundo ZAMBIAZI (2006) valores acima do que é preconizado pela legislação brasileira pode ser acarretado como fraude, pois o consumidor está adquirindo um produto de má procedência, além de ser um indicativo de falta de controle de qualidade no processamento, uma vez que o excesso de água pode ser um fator determinante para o crescimento de microrganismos os quais contribuem para deterioração do produto. Além disso, BEHMER (1999) ainda ressalta que valores altos de umidade apresenta um indicativo da falta de controle do tempo nas etapas de batedura e malaxagem do creme.

Ao analisar o teor de umidade das amostras por períodos, observou-se que todas as amostras (exceto a Amostra F) em pelo menos um dos períodos apresentaram dados fora do padrão preconizado para o teor de umidade (Tabela 2).

Tabela 2: Valor médio de Umidade (%) por Período em amostras de manteiga comum, comercializada em Vitória da Conquista - Bahia

Amostras	Período 1	Período 2	Período 3
A	17,6[a] ± 0,00	16,7 [a] ± 0,01	16,17 [a] ± 0,00
B	14,9 [a] ±0,01	15,4 [a] ± 0,00	19,4 [a] ± 0,00
C	16,5 [a] ± 0,00	15,7 [a] ± 0,01	13,7 [a] ± 0,00
D	12,8 [a] ± 0,00	13,6 [a] ± 0,00	19,0 [a] ± 0,00
E	15,1 [a] ± 0,00	28,7 [a] ± 0,00	17,7 [a] ± 0,00
F	14,5 [a] ±0,00	14,2 [a] ± 0,00	16,0 [a] ± 0,00
G	22,6 [a] ± 0,00	11,1 [a] ± 0,01	18,7 [a] ± 0,00
H	17,7 [a] ± 0,00	16,9 [a] ±0,00	19,3 [a] ±0,00
I	18,5 [a] ± 0,00	20,4 [a] ± 0,03	16,7 [a] ±0,01
J	18,0 [a] ± 0,00	16,7 [a] ± 0,01	16,2 [a] ± 0,00

Nas colunas, as médias seguidas da mesma letra comum não diferem significativamente entre si.

Essa informação reforça a idéia da falta de padronização dos processos empregados na produção da manteiga. Por meio das analises estatísticas, pode-se afirmar que não houve diferença estatística significativa entre os períodos e amostras diferentes.

4. CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, pode se concluir que as todas as manteigas analisadas apresentaram-se fora da controle de qualidade para o teor de umidade quando avaliados por períodos (exceto para a amostra F), o que mostra a necessidade de padronização dos processos de produção. A amostra F foi a que apresentou melhor qualidade, até mesmo ao avaliar entre os períodos.

Maior padronização do processo de fabricação das manteigas irá garantir produtos de melhor qualidade, além disso, evitará que o consumidor seja lesado ao obter um produto que não atende as expectativas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBRÓSIO, C. L. B.; GUERRA, N. B.; MANCINI FILHO, J. Características de identidade, qualidade e estabilidade da manteiga de garrafa. Parte I – características de identidade e qualidade. **Ciênc. Tecnol. Aliment.,** v. 21, n. 3, p. 314-320, 2001.

BEHMER, M. L. A. **Tecnologia do leite: queijo, manteiga, caseína, iogurte, sorvetes e instalações**: produção, industrialização, análise. 13 ed. São Paulo: Nobel, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n°146, de 07 de março de 1996. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 março 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 68, de 12 dezembro de 2006. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para Controle de Leite e Produtos Lácteos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 21 janeiro 2005.

CAMPBELL-PLATT, G. **Ciência e tecnologia de alimentos** – 1ed. São Paulo: Manole 2015.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos.** 2ª edição, Campinas – Ed. da UNICAMP, 2003.

COELHO, J. A.; PEREIRA, M. M. G.; MURATORI, M. C. S.; KLEIN JÚNIOR, M. H.; LOPES, J. B.; LIMA, D. C. P.; RUFINO, Y. A. S. Qualidade físicoquímica de manteiga comercializada em Teresina, Pi. **Revista Higiene Alimentar**, v. 23, n. 170/171, 2009.

FERNANDES, R. V.B.; BOTREL, D. A.; SOUZA, V.R.; ROCHA, V. V.; RAMIRES, C. S. Avaliação dos parâmetros físico-químicos de manteigas do tipo comum. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient**., v. 10, n. 2, p. 171-176, 2012.

NAHID, A. BRONLUND, J. E.; CLELAND, D. J.; PHILPOTT, B. Modelling the freezing of butter**. International Journal of Refrigeration**, v. 31, p. 152-160, 2008.

OETTERER, M.; REGITANO-D"ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos.** Barueri, SP: Manole, 2006.

RIBEIRO, E. P., SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücler, 2ª ed. Instituto Mauá de Tecnologia, 2007.

ZAMBIAZI, R. C. **Tecnologia de óleos e gorduras**. Apostila. Pelotas, 2006.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE PEQUI COM ETANOL E COSSOLVENTES

[1]**Oliveira Dias, Bruna** (erica_le@hotmail.com), [1]**Resende de Oliveira, Érica** (e.resende@me.com),

Queiroz, Fabiana (fqueiroz@dca.ufla.br)

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Ciência de Alimentos
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: O cerrado brasileiro tem um grande número de espécies frutíferas exóticas e nativas ainda não exploradas, dentre elas destaca-se o pequi, o qual apresenta elevado teor de óleo tanto na polpa da semente, quanto em sua amêndoa. O objetivo deste estudo foi avaliar o rendimento da extração do óleo da polpa de pequi utilizando o etanol como solvente, e hexano e isopropanol como cossolventes. A extração do óleo foi realizada em equipamento tipo Soxhlet. O rendimento da extração foi avaliado para três temperaturas diferentes (25, 35, 45°C), na razão sólido-líquido (RSL) 1/5 (m/m), utilizando-se o etanol como solvente, e cossolventes (20% hexano + 80% etanol, 20% isopropanol + 80% etanol, 10% etanol + 10% isopropanol + 80% etanol). Foi possível concluir que a elevação da temperatura e o emprego de cossolventes são parâmetros que merecem ser analisados visando otimizar a extração de sólidos solúveis de matrizes vegetais, uma vez que o aumento da temperatura de 25°C para 45°C, e o emprego de hexano e isopropanol como cossolventes aliados ao etanol, promoveram maiores rendimentos de extração de sólidos solúveis da polpa de pequi. Demonstrando assim, que o etanol é um promissor coadjuvante no processo de extração sustentável.

Palavras Chave: etanol; cossolventes; extação sólido-liquído; *Cariocar brasiliense*

EXTRACTION OF PEQUI OIL WITH ETHANOL AND COSOLVENTS

ABSTRACT: The Brazilian Cerrado has a large number of exotic and native fruit species still unexplored, among them there is the pequi fruit, which has a high oil content in both the seed pulp and its almond. The objective of this study was to evaluate the extraction efficiency of pequi pulp oil using ethanol as the solvent, and hexane and isopropanol as cosolvents. The oil extraction was carried out in a Soxhlet type equipment. The extraction yield was evaluated at three different temperature (25, 35, 45°C), solid-liquid ratio (RSL) 1/5 (m/m) using ethanol as solvent, and cosolvents (20% hexane + 80% ethanol, 20% isopropanol + 80% ethanol, 10% ethanol + 10% isopropanol + 80% ethanol). It was possible to conclude that the temperature rise and the use of cosolvents are parameters that deserve to be analyzed in order to optimize the extraction of soluble solids from plant matrices, since the temperature increase from 25°C to 45°C, and the use of hexane and isopropanol as cosolvents allied to ethanol, promoted higher extraction yields of soluble solids from pequi pulp. Demonstrating that ethanol is a promising co-adjuvant in the sustainable extraction process.

Keywords: ethanol; cosolvents; solid-liquid extraction; *Cariocar brasiliense*

1. INTRODUÇÃO

O cerrado brasileiro tem um grande número de espécies frutíferas exóticas e nativas ainda não exploradas (ALMEIDA et al., 2011). O pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) é uma espécie arbórea nativa do Cerrado, cujo fruto (polpa e amêndoa) é de grande importância na alimentação e na fitomedicina tradicional da população desse bioma. O pequi possui características nutricionais importantes como elevada concentração de β-caroteno e principalmente de lipídeos, incrementando o conteúdo energético da dieta destas comunidades. O óleo extraído da polpa é bastante utilizado no preparo de pratos típicos e também com finalidades medicinais (ROESLER et al., 2008). Esse óleo tem sido equiparado, pelo seu elevado teor vitamínico, aos óleos de fígado de bacalhau e de cação (MAGALHÃES, 1988). Sua composição em ácidos graxos insaturados é de 61,35%, sendo o oleico, o principal deles. A extração do óleo da polpa de pequi, atualmente, é realizada de forma artesanal, com o emprego de água quente (POZO, 1997), ou ainda por prensagem, sendo, portanto, em pequena escala e resultando em baixo rendimento. Dessa forma e com base no alavanque do emprego desse óleo na industrialização de diferentes produtos, é interessante buscar alternativas mais viáveis para realizar essa extração.

Os métodos mais utilizados e conhecidos para realizar a extração de óleo de matrizes vegetais é a prensagem, como hoje é realizada, em parte, a extração do óleo do pequi, e a extração por solvente, sendo esta possível de ser realizada tanto em temperatura e pressão ambiente, como sob condições supercríticas (JOKIC et al., 2010) ou subcríticas (LIU et al., 2014; NDLELA et al., 2013). Tradicionalmente utiliza-se como solvente o hexano comercial, que é uma mistura de hidrocarbonetos, contendo aproximadamente 65% de n-hexano e 35% de ciclopentano e isômeros do hexano, com um ponto de ebulição entre 65 e 69°C (KEMPER, 2005). Esse solvente, apesar de apresentar diversas vantagens, como um baixo calor latente de vaporização, completa solubilidade em óleo, baixa corrosividade, fácil recuperação e imiscibilidade em água, ele apresenta desvantagens diretamente relacionadas a problemas com o meio ambiente, saúde e segurança do manipulador (DAGOSTIN, CARPINÉ e CORAZZA, 2015). Vários solventes alternativos têm sido propostos afim de substituir a utilização do hexano para realizar a extração de óleos vegetais, incluindo o etanol, isopropanol, n-propanol, n-heptano e acetato de etila (SETH et al., 2007; GANDHI et al., 2003). Dentre estes, o etanol apresenta ser uma alternativa promissora para esse tipo de extração, em nível mundial, com especial ênfase aos Estados Unidos e Brasil. Uma vez que, ambos os países são pioneiros na produção de etanol (DAGOSTIN, CARPINÉ e CORAZZA, 2015). Segundo a Associação de Combustíveis Renováveis (RFA), na safra 2016/2017 o Brasil produzirá 27,19 bilhões de litros. O etanol brasileiro tem baixo custo de produção devido à elevada produtividade de cana-de-açúcar (BUDNY, 2007). E levando em consideração os parâmetros saúde e segurança, o etanol apresenta baixo risco e não há relatos a respeito de intoxicação devido à inalação do mesmo (NADEAU et al., 2003). Ainda, o etanol apresenta baixa inflamabilidade quando comparado ao hexano (ANDERSON, 2005). No entanto, devido à sua natureza polar, o etanol apresenta baixa solubilidade em óleo, sendo capaz de solubilizar além da matriz oleosa, outros componentes, como água e demais compostos polares, limitando, portanto, a eficiência da extração (DAGOSTIN et al., 2015). Com o intuito de otimizar a solubilidade de um composto em outro, alguns artifícios termodinâmicos podem ser aplicados, tal como a elevação da temperatura e pressão, ou ainda ao adicionar um cossolvente à mistura. Por definição, um cossolvente é uma substância que apresenta solubilidade em ambos soluto e solvente, e, portanto, melhora a solubilidade global do sistema (DAGOSTIN, CARPINÉ e CORAZZA, 2015).

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o rendimento da extração do óleo da polpa de pequi utilizando o etanol como solvente, e hexano e isopropanol como cossolventes.

2. METODOLOGIA

Os frutos do pequi (*Caryocar brasiliense*) foram adquiridos em cooperativas de Minas Gerais na safra de 2015 e conduzido em sacos plásticos à Planta Piloto de Processamento de Produtos Vegetais da Universidade Federal de Lavras. Os frutos foram selecionados, lavados com detergente neutro e sanificados em solução clorada (100 ppm). Após a higienização foram armazenados em sacos de polietileno com capacidade de 10 kg, fechados e dispostos em freezer a -18°C, até o uso. Após descongelamento, foram pesados, descascados e a polpa foi separada manualmente. A polpa passou por um processo de secagem em estufa a vácuo a 45°C durante 48 h, período necessário para que a amostra atingisse peso constante. Após seca, a polpa foi moída em moinho e armazenada em potes devidamente identificados e vedados, dentro de dessecadores, à temperatura ambiente.

A extração do óleo foi realizada em equipamento tipo Soxhlet, segundo AOAC (2016). O rendimento da extração foi avaliado para três temperaturas diferentes (25, 35, 45°C), na razão sólido-líquido (RSL) 1/5 (m/m), utilizando-se o etanol como solvente, e cossolventes (20% hexano + 80% etanol, 20% isopropanol + 80% etanol, 10% etanol + 10% isopropanol + 80% etanol).

Para o cálculo do rendimento (R) (% b.s.), utilizou-se a Equação (1), onde m_o é a massa de óleo e m_s é a massa de matéria seca (polpa) utilizada no processo de extração.

$$R = 100x\frac{m_o}{m_s} \quad (1)$$

O experimento foi realizado em triplicata e os dados submetidos a análise de variância (ANOVA). O teste de Tukey foi utilizado para realizar a comparação das médias obtidas com o auxílio do *software* RStudio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os tratamentos com etanol puro, 20% hexano, 20% isopropanol e 10% hexano + 10% isopropanol, respectivamente, foram obtidos, em cada nível de temperatura estudado, os rendimentos (%, b.s.), que estão apresentados na Tabela 1. Para a RSL 1/5, a interação solvente e temperatura foi siginificativa ($p=7{,}3x10^{-5}$).

A temperatura exerceu influencia significativa na extração de sólidos solúveis utilizando etanol puro, uma vez que o aumento no rendimento foi proporcional à elevação da temperatura. Quando utilizou-se o 20% hexano como cossolvente, observou-se também um efeito significativo das temperaturas de 25°C e 45°C, sendo que a temperatura de 35°C não exerceu influência significativa no resultado. Já o emprego do cossolvente 20% isopropanol acarretou aumento do rendimento apenas quando elevou-se a temperatura de 35°C para 45°C. Essa mesma tendência foi observada para o rendimento da extração realizada utilizando-se a mistura de cossolventes isopropanol e hexano.

Ao analisar os tipos de solventes dentro de cada temperatura, observou-se que a 25°C, os tratamentos com 20% hexano e a mistura de cossolventes apresentaram os maiores rendimentos, e foram significativamente diferentes dos tratamentos com etanol puro e 20% isopropanol. Esta mesma tendência foi observada para a temperatura de 35°C. Já a 45°C, os melhores rendimentos foram encontrados quando empregou-se 20% isopropanol e a mistura de cossolventes.

Capellini et al. (2017) analisaram o rendimento da extração de óleo de farelo de arroz, utilizando etanol e isopropanol como solventes e água como cossolvente, e observaram que a presença de água afetou negativamente o rendimento, e a extração com solventes puros foi mais eficiente a 80°C e RSL 1/3, obtendo rendimentos de aproximadamente 80%. Neste

trabalho foram observados rendimentos também próximos a 80% para RSL 1/5 a 45°C (20% hexano), e valores acima de 80% para 20% isopropanol e para mistura de cossolventes.

Tabela 1. Rendimento do processo de extração do óleo da polpa de pequi utilizando etanol e cossolventes (H:hexano e I:isopropanol) em diferentes temperaturas (T).

RSL (m/m)	T (°C)	Etanol	20% H	20% I	10% H + 10% I
1/5	25	26,63±1,86^{C,b}	55,08±9,83^{B,a}	42,31±13,71^{B,b}	67,12±8,65^{B,a}
	35	47,11±13,18^{B,b}	63,62±8,26^{AB,a}	51,81±8,33^{B,ab}	65,54±3,79^{B,a}
	45	65,80±2,21^{A,b}	78,86±4,98^{A,ab}	89,43±2,15^{A,a}	91,01±6,15^{A,a}

Valores seguidos da mesma letra minúscula na linha, ou da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si ($p < 0,05$).

4. CONCLUSÃO

Foi possível concluir que a elevação da temperatura e o emprego de cossolventes são parametros que merecem ser analisados visando otimizar a extração de sólidos solúveis de matrizes vegetais, uma vez que o aumento da temperatura de 25°C para 45°C, e o emprego de hexano e isopropanol como cossolventes aliados ao etanol, promoveram maiores rendimentos de extração de sólidos solúveis da polpa de pequi. Demonstrando assim, que o etanol é um promissor coadjuvante no processo de extração sustentável.

5. AGRADECIMENTOS

O autores agradecem ao apoio financeiro da FAPEMIG (CAG APQ 01689/13). E também à UFLA, à CAPES e ao CNPQ.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International.** 20. ed. Gaithersburg: AOAC, 2016.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUZA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. **Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil.** Food Research International, Essex, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.

ANDERSON, D. **A primer on oils processing technology**. IN: SHAHIDI, F. (Ed.), Bailey's Industrial Oil and Fat Products. 6. ed. Nova Iorque: Wiley-Interscience, 2005. p. 1–56.

BUDNY, D. **The global dynamics of Biofuels**. Brazil Institute Special Report, n. 3, p. 1–7, 2007. Disponível em: < http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0704_Brazil_Institute_-_The_global_dynamics_of_biofuels.pdf>. Acesso em: 17 set. 2017.

CAPELLINI, M. C.; GIACOMINI, V.; CUEVAS, M. S.; RODRIGUES, C. E. C. **Rice bran oil extraction using alcoholic solvents: Physicochemical characterization of oil and protein fraction functionality**. Industrial Crops and Products, [S.l.], v. 104, p. 133-143, 2017.

DAGOSTIN, J. L. A.; CARPINÉ, D.; CORAZZA, M. L. **Extraction of soybean oil using ethanol and mixtures with alkyl esters (biodiesel) as co-solvent: Kinetics and thermodynamics**. Industrial Crops and Products, [S.l.], v. 74, p. 69-75, 2015.

DAGOSTIN, J. L. A.; MAFRA, M. R.; RAMOS, L. P.; CORAZZA, M. L. **Liquid–liquid phase**

equilibrium measurements and modeling for systems involving {soybean oil + ethyl esters + (ethanol + water)}. Fuel, [S.l.], v. 141, n. 1, p. 164–172, 2015.

GANDHI, A. P.; JOSHI, K. C.; JHA, K.; PARIHAR, V. S.; SRIVASTAV, D. C.; RAGHUNADH, P.; KAWALKAR, J.; JAIN, S. K.; TRIPATHI, R. N. **Studies on alternative solvents for the extraction of oil soybean.** International Journal of Food Science and Technology, [S.l.], v. 38, p. 369–375, 2003.

KEMPER, T. G. **Oil Extraction**. In: SHAHIDI, F. (Ed.). Bailey's Industrial Oil and Fat Products. 6. ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 2005. p. 57–98.

JOKIC, S.; ZEKOVIC, Z.; VIDOVIC, S.; SUDAR, R.; NEMET, I.; BILIC, M.; VELIC, D. **Supercritical CO_2 extraction of soybean oil: Process optimisation and triacylglycerol composition.** International Journal of Food Science and Technology, [S.l.], v. 45, n. 9, p. 1939–1946, 2010.

LIMA, A.; SILVA, A.M.O.; TRINDADE, R.A.; TORRES, R.P.; MANCINI-FILHO, J. **Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.).** Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.29, n.3, p.695-698, 2007.

LIU, J.; CHEN, P.; HE, J.; DENG, L.; WANG, L.; LEI, J.; RONG, L. **Extraction of oil from Jatropha curcas seeds by subcritical fluid extraction**. Industrial Crops and Products, [S.l.], v.62, p. 235–241, 2014.

MAGALHÃES, H. G.; MONTEIRO NETO, H.; LAGROTA, M. H.; WIGG, M. D.; GUIMARÃES, L. A. de S.; LOJA, M. A. S. O.; ARAÚJO, R. R. **Estudo estrutural do pequizeiro *Caryocar brasiliense* Camb. Caryocaraceae, sob o aspecto farmacoquímico e botânico.** Revista Brasileira de Farmácia, Rio de Janeiro, v. 69, n. 1-3, p. 31-41, 1988.

NADEAU, V., LAMOUREUX, D., BEUTER, A., CHARBONNEAU, M., TARDIF, R. **Neuromotor effects of acute ethanol inhalation exposure in humans: A preliminary study.** Journal of Occupational Health, [S.l.], v. 45, n. 4, p. 215–222, 2003.

NDLELA, S. C.; DE MOURA, J. M. L. N.; OLSON, N. K.; JOHNSON, L. A. **Aqueous extraction of oil and protein from soybeans with subcritical water**. Journal of the American Oil Chemists' Society, Berlim, v. 89, n. 6, p. 1145–1153, 2013.

POZO, O. V. C. **O pequi (*Caryocar brasiliense*): Uma alternativa para o desenvolvimento sustentável do cerrado no norte de Minas Gerais.** 1997. 100 f. Dissertação (Mestrado em Administração Rural) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1997.

RFA. **Renewable Fuels Association.** 2017. Disponvível em: <http://www.ethanolrfa.org/resources/publications/>. Acesso em: 17 set. 2017.

ROESLER, R.; CATHARINO, R. R., MALTA, L. G., EBERLIN, M. N., PASTORE, G. **Antioxidant activity of *Caryocar brasiliense* (pequi) and characterization of components by electrospray ionization mass spectrometry.** Food Chemistry, Londres, v. 110, p. 711–717, 2008.

SETH, S.; AGRAWAL, Y. C.; GHOSH, P. K.; JAYAS, D. S.; SINGH, B. P. N. **Oil extraction rates of soya bean using isopropyl alcohol as solvent.** Biosystems Engineering, [S.l.], v. 97, n. 2, p. 209–217, 2007.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores Bruna de Oliveira Dias, Érica Resende de Oliveira e Fabiana Queiroz são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

ESTUDO TERMODINÂMICO DA EXTRAÇÃO DE SÓLIDOS SOLÚVEIS DA POLPA DE PEQUI UTILIZANDO ETANOL E COSSOLVENTES

[1]**Oliveira Dias, Bruna** (erica_le@hotmail.com), [1]**Resende de Oliveira, Érica** (e.resende@me.com),

Queiroz, Fabiana (fqueiroz@dca.ufla.br)

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Ciência de Alimentos
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: Para a análise de design de unidades de extração, especialmente em escala industrial, o estudo termodinâmico do processo é essencial. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo a estimativa de parâmetros termodinâmicos da extração de óleo da polpa de pequi utilizando etanol e cossolventes (20% hexano + 80% etanol, 20% isopropanol + 80% etanol, 10% hexano + 10% isopropanol + 80% etanol) em diferentes temperaturas (25, 45 e 55°C). O tratamento no qual empregou-se 20% de isopropanol como extrator apresentou o maior valor das variações de entalpia, indicando que o processo requer mais energia, e entropia, indicando a irreversibilidade do processo. Em relação a energia livre de Gibbs, o tratamento com etanol apresentou os menores valores deste parâmetro, em todas as temperaturas avaliadas, indicando que esse processo requer menos energia máxima aproveitável para acontecer. O processo de extração sólido-líquida do óleo da polpa de pequi é endotérmico, irreversível e espontâneo, indicando que o processo é produto-favorecido.

Palavras Chave: etanol; cossolventes; extação sólido-líquido; *Cariocar brasiliense;* termodinâmica

THERMODINAMIC STUDY OF THE SOLUBLE SOLIDS EXTRACTION OF PEQUI PULP USING ETHANOL AND COSOLVENTS

ABSTRACT: For the design analysis of extraction units, especially on an industrial scale, the thermodynamic study of the process is essential. Therefore, the present work had as objective the estimation of thermodynamic parameters of the extraction of pequi pulp oil using ethanol and cosolvents (20% hexano + 80% etanol, 20% isopropanol + 80% etanol, 10% hexano + 10% isopropanol + 80% etanol) at different temperatures (25, 35, 45 e 55°C). The treatment in which 20% of isopropanol was used as the extractor showed the highest value enthalpy variation, indicating that the process requires more energy, and entropy variation, indicating the irreversibility of the process. In relation to the Gibbs free energy, the treatment with ethanol had the lowest values of this parameter, at all the evaluated temperatures, leading to conclude that this process requires less maximum useful energy in order to happen. The solid-liquid extraction process of the pequi pulp oil is endothermic, irreversible and spontaneous, indicating that the process is product-favored.

Keywords: ethanol; cosolvents; solid-liquid extraction; *Cariocar brasiliense;* thermodinamics

1. INTRODUÇÃO

O Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) é um fruto com sabor e aroma forte característicos, consumido em várias regiões brasileiras. Embora o pequi seja encontrado em todos os estados constituintes da região de cerrado, em Goiás é reconhecido como símbolo máximo da goianidade (HANDRO e BARRADAS, 1971). A busca de novas aplicações para o fruto do pequi, em especial em produtos alimentícios mais nobres, pode torná-lo acessível a consumidores que ainda não o conhecem, mas que sejam apreciadores de sabores naturais e exóticos. Uma das formas de aplicação e difusão do sabor do pequi pode ser através do uso de seu óleo em produtos que utilizam gordura como os derivados lácteos, inclusive o sorvete. Desde os tempos coloniais se faz grande uso alimentício e medicamentoso do óleo da amêndoa e da polpa do pequi. Tradicionalmente, o óleo de pequi é extraído de forma artesanal. O processo de extração artesanal é trabalhoso e apresenta baixa recuperação de óleo. Visto a grande importância que o óleo de pequi pode representar em diversos setores (agroindustrial e cosmético), torna-se de grande relevância a identificação de um método que possa extraí-lo de forma eficiente e com um bom rendimento. É importante também verificar a possível utilização desse óleo em setores onde o seu uso ainda não é difundido como na substituição da gordura tradicional utilizada em produtos alimentícios (PESSOA, 2013).

O processo de separação do óleo da polpa de frutas pode ser realizado através da prensagem mecânica, ou ainda com o uso de solventes ou fluidos supercríticos. A prensagem mecânica é um método amplamente empregado pelas industrias, no entanto, apresenta baixo rendimento, uma vez que os resíduos da prensagem (torta) ainda contem quantidade significativa de óleo, o que pode ser em seguida recuperado por um processo de extração sólido-líquida utilizando solventes. Para que o processo de prensagem seja realizado, é necessário que, previamente, o material seja moído ou ainda, submetido a um processo de aquecimento afim de aumentar o rendimento do processo. O óleo resultante da prensagem apresenta turbidez, teor de umidade e de metais elevados, quando comparado ao óleo recuperado de uma extração sólido-líquida (SANTOS et al., 2015).

A extração realizada com emprego de solventes é geralmente conduzida em temperaturas próximas ao ponto de ebulição do solvente, o que reduz a viscosidade do óleo e melhora sua solubilidade no solvente, assegurando a eficiência do processo (GHANDI et al., 2003). O processo de extração pode ocorrer através da imersão do material no solvente ou por percolação em um processo contínuo (REGITANO-D'ARCE, 2006). Vários solventes e misturas de solventes podem ser empregadas para extrair sólidos solúveis. O hexano é o solvente amplamente utilizado, devido ao seu baixo ponto de ebulição, elevada solubilidade no óleo e baixa corrosividade (JOHNSON e LUSAS, 1983). Apesar dessas vantagens, o hexano polui o meio ambiente e pode afetar o sistema nervoso central (BECKER, 1978; JOHNSON e LUSAS, 1983; GHANDI et al., 2003). Ainda, o n-hexano é altamente inflamável, poluente, apresentando elevado risco aos manipuladores e ao ambiente,tornando o processo ainda mais dispendioso (BECKER, 1978).

Segundo Gandhi et al. (2003), o etanol é um solvente biodegradável e não tóxico, e apresenta potencial para ser aplicado como extrator de óleo e substituinte do n-hexano sem perda de rendimento. Devido às desvantagens do uso do hexano, vários autores têm buscado alternativas ao uso desse solvente, tal como o uso de solventes alcóolicos, como isopropanol (OTHMER e JAATINEN, 1959; SETH et al., 2010) e etanol (LIAUW et al., 2009; MEZIANE e KADI, 2008). O uso de solventes pode ser aliado a cossolventes, os quais são empregados com o intuito de melhorar a eficiência do processo, aumentando a produtividade e modificando a seletividade da solução. O cossolvente pode alterar a característica da mistura dos solventes (solvente + cossolvente), tais como polaridade e interações específicas com o soluto (DALMOLIN et al., 2010).

Várias pesquisas têm demonstrado que o rendimento do processo de extração é dependente de vários fatores, como temperatura, tipo de solvente, origem do óleo, tamanho

da partícula, razão sólido e solvente, e tempo, ainda, para a análise de design de unidades de extração, especialmente em escala industrial, o estudo termodinâmico do processo é essencial (Liauw et al., 2009). E para que seja possível essa análise termodinâmica, o levantamento de alguns parâmetros do processo deve ser realizado, como a entalpia (ΔH), entropia (ΔS) e energia livre de Gibbs (ΔG). A ΔG de um sistema representa a energia requerida para que seja realizado trabalho útil, em sua mudança de estado (VOGEL, 1981). A ΔS está relacionada às variações de ordem-desordem de um sistema. Quanto mais randômico for o sistema, maior a sua entropia (ARAÚJO et al., 2009). Já ΔH representa o calor necessário ser liberado ou absorvido pelo sistema para que o processo (extração) ocorra.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo a estimativa de parâmetros termodinâmicos na extração de óleo da polpa de pequi utilizando etanol e cossolventes.

2. METODOLOGIA

Os frutos do pequi foram doados por cooperativas da região de Lavras, MG e processados na Planta Piloto de Processamento de Produtos Vegetais da Universidade Federal de Lavras. Os frutos foram selecionados, higienizados e armazenados a -18°C até o momento do uso. Foram despolpados manualmente e a polpa foi submetida à secagem em estufa a vácuo (45°C/48 h) até peso constante. Em seguida, o material desidratado foi moído e armazenado em dessecadores, à temperatura ambiente.

A extração do óleo foi realizada em equipamento tipo Soxhlet, segundo AOAC (2016). Os parâmetros termodinâmicos (ΔH, ΔS e ΔG) da extração foram avaliados para três temperaturas diferentes (25, 35, 45 e 55°C), na razão sólido-líquido (RSL) 1/10 (m/m), utilizando-se o etanol como solvente, e cossolventes (20% hexano + 80% etanol, 20% isopropanol + 80% etanol, 10% etanol + 10% isopropanol + 80% etanol). Para os experimentos de extração realizados, as concentrações das fases extrato e rafinado foram determinadas em termos das frações mássicas dos componentes, em base livre de sólidos insolúveis, e a constante de equilíbrio (Ke) (kg do óleo na fase extrato/kg do óleo na fase rafinado) calculada. Os valores experimentais de ΔH/R e ΔS foram obtidos a partir da regressão linear da Equação (1), onde R é a constante dos gases ideais (8,3145 LkPa/Kmol). Os valores -ΔH/R, ΔH (kJ/kmol), ΔS/R, ΔS (kJ/kmolK) e ΔG (kJ/kmol) também foram calculados. Todo o balanço de massa e cálculo termodinâmico foram realizados segundo Menezes (2016).

$$Ln\,(k_e) = \frac{-\Delta H}{RT} + \frac{\Delta S}{R} \quad (1)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No estudo termodinâmico (Tabela 1), os valores da variação da entalpia (ΔH) e entropia (ΔS) foram positivos. A variação da energia de Gibbs apresentou valores negativos. Os valores da variação da entalpia (ΔH) positivos indicam a natureza endotérmica do processo, o qual requer energia para acontecer. Os valores positivos da variação da entropia indicam a irreversibilidade do processo.

O tratamento 20% isopropanol apresentou maior valor de ΔH, indicando ter sido o tratamento que mais requer calor durante o processo de extração. Pode-se observar que a adição de cossolventes (10% hexano + 10% isopropanol) promoveu a redução da ΔH, o que representa uma vantagem ao consumo energético. O que também foi observado por Dagostin (2015) ao extrair óleo de soja laminada utilizando uma mistura de etanol e acetato de etila.

Na variação de entropia (ΔS) observou-se maior desorganização nos sistemas em que

foram utilizados etanol puro e sua mistura com isopropanol (20%), respectivamente.

Na variação da energia de Gibbs (ΔG), valores negativos foram obtidos para todos os solventes e em todas as temperaturas, implicando em um processo espontâneo e produto-favorecido, assim como o esperado. Notou-se que ao elevar a temperatura houve diminuição do valor da variação da energia de Gibbs, favorecendo a espontaneidade do processo para todos os tratamentos, e os menores valores encontrados foram para o sistema com etanol puro, em todas as temperaturas. Essa observação indica que a elevação da temperatura favorece a extração do óleo da polpa de pequi. Dagostin, Carpiné e Corazza (2015) também observaram essa mesma tendência para a extração do óleo de soja. A elevação da temperatura e adição de cossolvente (biodiesel) ao etanol promoveu redução da variação da energia de Gibbs, favorecendo a extração do óleo de flakes de soja.

Tabela 1. Rendimento do processo de extração do óleo da polpa de pequi utilizando etanol e cossolventes em diferentes temperaturas (T).

Solvente	T (°C)	Ke	-ΔH/R	ΔH (kJ/kmol)	ΔS/R	ΔS (kJ/kmolK)	ΔG (kJ/kmol)
Etanol	25	43,86	-3640,38	30267,91	15,33	127,45	-8210,59
	45	90,85					-8517,16
	55	62,10					-8670,44
20% Hexano	25	7,59	-1891	15722,71	3,15	26,18	-2829,91
	45	24,90					-2892,9
	55	5,78					-2924,39
20% Isopropanol	25	0,20	-8384,9	69716,26	28,86	239,96	-16268
	45	3,51					-16989,5
	55	0,53					-17249,3
10% Hexano +10% Isopropanol	25	1,08	-1645,4	13680,66	4,42	36,78	-2964,43
	45	3,09					-3052,91
	55	0,85					-3097,15

4. CONCLUSÃO

O processo de extração sólido-líquida do óleo da polpa de pequi é endotérmico, e espontâneo, indicando que o processo é produto-favorecido. O tratamento no qual empregou-se 20% de isopropanol como extrator apresentou o maior valor das variações de entalpia, com grande influencia da temperatura, e entropia, com maior desorganização do sistema. Em relação a energia livre de Gibbs, o tratamento com etanol apresentou os menores valores deste parâmetro, em todas as temperaturas avaliadas; sendo que a temperatura de 55°C seria a mais indicada, uma vez que apresentou menor valor desse parâmetro, indicando que a energia máxima absorvida pelo sistema foi menor, e que portanto, o processo é mais farovável em temperaturas mais elevadas.

5. AGRADECIMENTOS

O autores agradecem ao apoio financeiro da FAPEMIG (CAG APQ 01689/13). E também à UFLA, à CAPES e ao CNPQ.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International.** 20. ed. Gaithersburg: AOAC, 2016.

ARAÚJO, A. L. P.; SILVA, M. C. C.; GIMENES, M. L.; BARROS, M. A. S. D. **Estudo termodinâmico da adsorção de zinco em argila bentonita bofe calcinada.** Scientia Plena, v. 5, n. 12, p. 1-6, 2009.

BECKER, W. **Solvent extraction of soybeans**. Journal of the American Oil Chemists' Society, v. 55, n. 11, p. 754–761, 1978.

DAGOSTIN, J. L. A. **Estudo da extração etanólica de óleo de soja utilizando ésteres como co-solventes.** 2015. 139 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

DAGOSTIN, J. L. A.; CARPINÉ, D.; CORAZZA, M. L. **Extraction of soybean oil using ethanol and mixtures with alkyl esters (biodiesel) as co-solvent: Kinetics and thermodynamics.** Industrial Crops and Products, [S.l.], v. 74, p. 69-75, 2015.

DALMOLIN, I. et al. **Chemical characterization and phase behaviour of grape seed compressed carbono dioxide and ethanol as co-solvent**. The Journal of Chemical Thermodynamics, [S.l.], v. 42, p. 797-801, 2010.

GHANDI, A. P. et al. **Studies on alternative solvents for the extraction of oil-I soybean.** International Journal of Food Science and Technology, v. 38, n. 3, p. 369–375, 2003.

HANDRO, W.; BARRADAS, M.M. **Sobre os óleos do fruto e da semente de pequi - *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae)**. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3., 1971, São Paulo. [Anais do 3. Simpósio sobre o Cerrado]. São Paulo: Ed. Blucher/EDUSP, 1971. p.110-113.

JOHNSON, L. A.; LUSAS, E. W. **Comparison of alternative solvents for oils extraction.** Journal of the American Oil Chemists' Society, v. 60, n. 2, pp. 229–241, 1983.

LIAUW, M. Y. et al. **Extraction of neem oil (*Azadirachta indica* A. Juss) using n-hexane and ethanol: studies of oil quality, kinetic and thermodynamic**. Journal of Engineering and Applied Sciences, v. 3, n. 3, p. 49–54, 2008.

MENEZES, E. G. T. **Obtenção do óleo de sementes de frutos do cerrado utilizando diferentes processos de extração**. 2016. 207 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

MEZIANE, S.; KADI, H. **Kinetics and thermodynamics of oil extraction from olive cake**. Journal of the American Oil Chemists' Society, v. 85, n. 4, p. 391–396, 2008.

OTHMER, D. F.; JAATINEN, W. A. **Extraction of soybeans. Mechanism with various solvents.** Industrial and Engineering Chemistry, v. 51, n. 4, p. 543–546, 1959.

PESSOA, A. S. **Extração do óleo da polpa de pequi (*Caryocar coriaceum*) utilizando propano subcrítico e cossolventes**. 2013. 105 f.Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

REGITANO-D'ARCE, M. A. B. **Extração e refino de óleos vegetais**, in Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos, M. Oetterer, M. A. B. Regitano-d'Arce, and M. H. F. Spoto, Eds., pp. Manole–300, São Paulo, Brazil, 2006.

SANTOS, S. B. et al. **Kinetics and thermodynamics of oil extraction from *Jatropha curcas* L. using ethanol as a solvent.** International Journal of Chemical Engineering, v. 2015, p. 1-9, 2015.

SETH, S. et al. **Effect of moisture content on the quality of soybean oil and meal extracted by isopropyl alcohol and hexane.** Food and Bioprocess Technology, v. 3, n. 1, p. 121–127, 2010.

VOGEL, A. I. **Textbook of macro and semimicro qualitative inorganic analysis.** 5. ed. Londres: Longman Group Limited, 1979.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores Bruna de Oliveira Dias, Érica Resende de Oliveira e Fabiana Queiroz são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

Área:

Engenharia de Automação e Controle

FIREFLY: QUADCOPTER DE MONITORAMENTO AUTÔNOMO DE QUEIMADAS EM CAMPOS E FLORESTAS

[1]**Rocha, Jampierre**(r.jampierre@gmail.com), [1]**Magalhães, Ricardo**(ricardorm@deg.ufla.br)

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Engenharia

Caixa Postal 3037, Campus Universitário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: Com o avanço tecnológico e junção de conhecimentos em áreas como a robótica, programação e matemática, construiu-se um tipo de drone conhecido como quadcopter com a intenção de viabilizar a prática de monitoramento em campos e florestas no trabalho de prevenção contra incêndio. Por conta de sua autonomia de voo, o drone nomeado por FireFly, percorre uma rota no local desejado pelo usuário através de um aplicativo *mobile*. Percorrendo toda a área a ser monitorada, o drone serve para alertar ao usuário de um possível incêndio para que o mesmo possa ser combatido, evitando assim, maiores catástrofes.

Palavras Chave: Monitoramento Autônomo; Quadcopter; Incêndio; Queimadas em Florestas.

FIREFLY: QUADCOPTER OF AUTONOMOUS MONITORING OF BURNED IN FIELDS AND FORESTS

ABSTRACT: With the technological advancement and the pooling of knowledge in areas such as robotics, programming and mathematics, a type of drone known as quadcopter was build with the intention of making feasible the practice of monitoring in fields and forests prevention work. Because of its flight autonomy, the drone named by FireFly, will make its route in the place desired by the user through a mobile application. Going through the entire area to be monitored, the drone will serve to alert the user of a possible fire so that it can be fought, thus avoiding major catastrophes.

Keywords: Autonomous Monitoring; Quadcopter; Fire, Burned in Forests.

1. INTRODUÇÃO

Os Veículos Aéreo Não Pilotados (VANTs) ou drones, foram idealizados para fins militares, projetados e construídos para serem usados em missões difíceis de serem executados por seres humanos. Essas demandas estão localizadas primordialmente nas áreas de inteligência militar, apoio e controle de tiro de artilharia, apoio aéreo a tropas de infantaria e cavalaria no campo de batalha, controle de mísseis de cruzeiro, atividades de patrulhamento urbano, costeiro, ambiental e de fronteiras, atividades de busca e resgate, entre outras.

Os drones muitas vezes são escolhidos para missões maçantes e perigosas para aviões tripulados, tais como policiamento e combate a incêndios e também são usados para segurança não militar, na vigilância de dutos.

Mas não existe drones apenas para fins militares. Assim como acontece com os aviões, os veículos não tripulados possuem diferentes características para se adequar melhor a determinados tipos de funcionamento. Atualmente, emissoras de televisão têm utilizado drones em substituição aos helicópteros para fazer filmagens, pois, além da economia de combustível, eles oferecem outros recursos. O tipo de drone utilizado para este fim não

pode ser similar aos utilizados por militares uma vez que não precisam ser velozes, mas sim estáveis em baixa velocidade.

Fabricantes de drones como a empresa *DJI*, pioneira na área, produzem drones de alta qualidade para fins específicos como o *Inspire 1*, modelo de alta tecnologia para filmagens em alta resolução, com transmissão em tempo real, ideal para emissoras de televisão. A empresa *DJI* também produz a linha *Phanton* que teve seu surgimento nos setores rurais, sendo utilizada para auxiliar fazendeiros nas suas atividades de irrigação e fertilização da terra e, em seu uso mais recente, para tocar boiada.

Em grandes campos, como nas plantações ou em florestas, enfrentam-se vários problemas difíceis de serem resolvidos como queimadas e pragas, que aumentam de acordo com a extensão territorial. No caso de incêndios selvagens tem-se impacto significativo na atmosfera Rao et al. (2016) e apresentam ameaças crescentes para a segurança humana, habitat natural, economia regional e mudanças climáticas globais Sua et al. (2017). Grandes agricultores ao redor do mundo sofrem com queimadas que, na grande maioria dos casos, foram detectados tarde demais, depois que uma extensa área já havia sido afetada. No caso das florestas, o problema é ainda pior, já que quase não há vistorias e, muitas vezes, por se tratar de uma mata fechada e de difícil acesso, os meios alternativos para se fazer a vistoria não são economicamente viáveis.

Alisson et al. (2016) mostraram que durante décadas o monitoramento de incêndios florestais e de outros tipos de vegetações foram basicamente feitos por aeronaves e satélites, mas, com o avanço tecnológico na melhoria, acessibilidade e custos dos sensores haverá uma revolução em como o avião detecta, monitora e ajuda a suprimir os incêndios florestais. Os autores revisaram, descrevendo o estado da arte na detecção de incêndio direto, semi-automatizado e automático de plataformas aéreas tripuladas e não tripuladas. Discutindo as restrições operacionais e as oportunidades oferecidas por esses sistemas de sensores.

Croizé et al. (2015) abordaram um tema semelhante a partir de um problema que afeta a costa francesa em relação à poluição causada pelo acúmulo de algas verdes nas praias e seu consequente apodrecimento, o que causa a liberação de gases sulfídrico, tóxico e letal. Neste sentido, o desenvolvimento de um sistema capaz de realizar medições de gases autonomamente em locais com concentração perigosa ou de difícil acesso, se faz necessário. O objetivo deste trabalho é localizar a origem da toxina usando um *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). O sistema baseia-se na utilização do UAV, uma placa Arduino Nano, sensor de gás e um chip de GPS. Este sistema envia um drone para medir as concentrações de gases de forma autônoma em direção a uma área definida pelo usuário. As amostras analisadas poderão servir para realizar o mapeamento das zonas poluídas, mostrando os locais com maior concentração e a sua origem.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O projeto de um *drone*, desenvolvido por Møst (2014), foi motivado por altos custos dos drones que voem de forma independente, sem qualquer necessidade de uma estação terrestre ou rádio controle. Drones comercializados com essas características custam em torno de US$ 6000. Outra motivação para o projeto consiste no pouso de precisão autônoma, baseada nas questões da companhia de energia elétrica norueguesa Trønder Energi, que tem seus drones controlados por rádio e utilizados para fazer vigilância das redes de energia, com sua base de pouso no teto de um trailer. A maioria dos drones comercializados hoje em dia não possui essa característica e não está dentro de uma faixa de preço de US$1000. Na criação do projeto, foi feito um drone padrão com um diferencial: uma câmera que trabalha junto com um software para fazer reconhecimento de imagem, com o intuito de que o drone possa localizar seu ponto de aterrisagem e fazer o pouso de forma autônoma.

Gonzales et al. (2012) tiveram o objetivo de criar um drone com um orçamento de US$1.000,00, seguindo um padrão de um drone controlado por um smartphone, como é encontrado na maioria dos drones comercializados atualmente. Gonzales et al. (2012) utilizaram peças de baixo custo para construir um drone. Primeiramente, as peças da estrutura do drone foram criadas a partir da escolha do material mais adequado. Foram considerados os testes de resistência, peso, preço e a facilidade de se moldar. Concluiu-se que o alumínio seria o mais adequado para a construção. Foi utilizado software específico para a modelagem de peças para que fosse possível construir as peças sob medida para o projeto.

A construção do drone tem como objetivo ser autônomo tanto na sua navegação quanto na duração da bateria que o alimenta, apesar de que nos testes práticos o consumo de energia pelo motores se mostrou superior aos meios alternativos disponíveis atualmente para manter a bateria carregada.

3. METODOLOGIA

Este projeto visa montar um drone de fácil interação para o usuário, de tal forma que qualquer pessoa apenas com conhecimentos básicos possa utilizá-lo. Para isso, é necessário algumas pré-configurações pelo aplicativo EZ-GUI Ground Station como as das coordenadas do GPS (*Global Positioning System*): Figura 1.

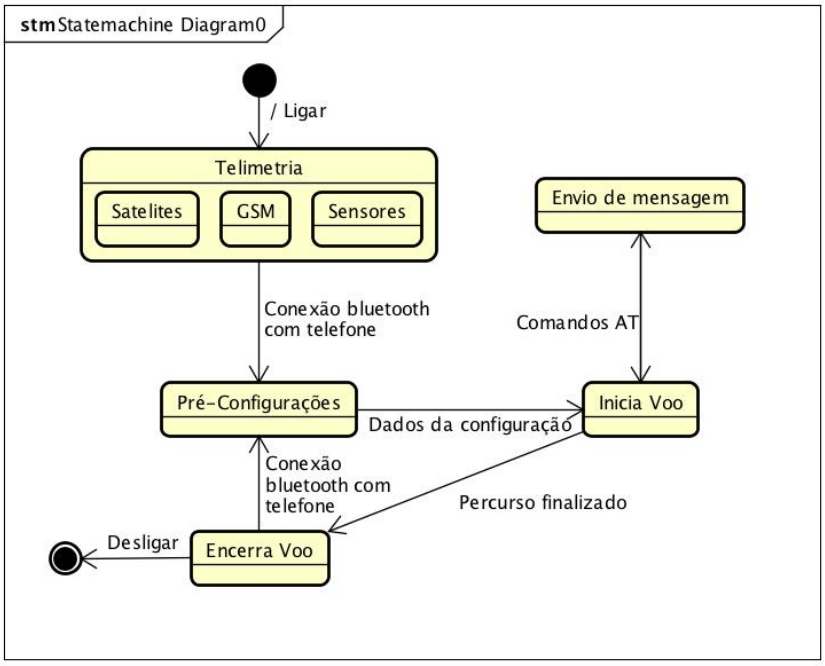


Figura 1. Diagrama de estados.

Como este projeto tem o objetivo de viabilizar a prática de monitoramento de plantações, lavouras e até florestas, com finalidade de detectar queimadas de forma prática e autônoma utilizando drone de baixo custo, realizou-se um levantamento de preços para tal, Tabela 1.

Tabela 1. Tabela de custos.

Item	Preço	Vendedor
Arduino Uno R3 - Original	R$98,00	RoboCore
Motor Brushless A2208	US$40,54	DXsoul
GPS receiver	US$34,43	DXsoul
ESC 30A	US$25,71	DXsoul
Gimbal	US$146,03	DXsoul
Bateria 4500mAh	US$31,80	DXsoul
Bateria 2200mAh	US$18,99	DXsoul
Kit Frame	US$111,80	DXsoul
Hélice	US$55,25	DXsoul
Controle Fly-Sky	US$76,41	DXsoul
CRIUS	US$32,64	DXsoul
Trem de Pouso	US$19,92	DXsoul
Ponte	US$3,84	DXsoul
GSM GPRS	R$289,00	FilipeFlop
Sensor de Gás	R$19,90	FilipeFlop
Módulo Bluetooth	R$44,90	FilipeFlop
Camera GoPro	US$230,00	GoPro
Total	R$3287,99	

Valor do dólar: US$3,428. Fonte UOL Economia acessado no dia 10/06/2016

Este projeto tenta viabilizar a prática de monitoramento, focando seus esforços na questão das queimadas. Por meio do drone, pretende-se tornar essa prática mais comum e aplicável a todas as áreas rurais. Como não é economicamente viável a prática de monitoramento com o uso de um helicóptero por conta do alto investimento e manutenção, é necessário utilizar o drone como melhor alternativa por conta do baixo investimento em relação aos outros métodos utilizados para tal prática. Qualquer outro método de monitoramento utilizado, seja helicóptero ou satélite, seria necessário disponibilizar recursos humanos para fazer a tarefa durante todas esses procedimentos. Com o drone, seria preciso apenas um usuário para realizar as configurações iniciais e traçar a rota a ser seguida. Uma vez feito isso, todo o trabalho ficaria por conta do drone, que exigiria a intercessão do usuário no caso de uma demanda de alguma informação do andamento do monitoramento ou para enviar o comando para encerrar a tarefa.

Para isso, este trabalho foi divido em quatro etapas, a fim de se alcançar o objetivo desejado,a primeira etapa teve como foco a busca das ferramentas adequadas para o uso no projeto, com o intuito de fazer um levantamento de requisitos (componentes e especificações) a serem aplicados. Em seguida, foi realizado o planejamento de construção e desenvolvimento do drone. Para isto, o projeto foi divido em três diferentes seguimentos: construção, controle de voo e aspectos específicos do sistema,a segunda etapa conta com

a construção do drone, montando toda sua estrutura com os componentes básicos de composição de um drone, com o intuito apenas de voar,a terceira etapa introduz os periféricos do CRIUS (Controlador de voo), que são: o *gimbal* (Estabilizador) junto com a câmera, o GPS *Receiver* e o bluetooth. Neste modulo, já espera-se conseguir um voo estável e autônomo, já sendo possível mapear a rota que o drone deverá seguir,na quarta etapa será introduzido o Arduino com os seus periféricos: o sensor de fumaça e a placa GSM (*Groupe Special Mobile*) para que o usuário possa se comunicar com o drone e receber os valores coletados pelo sensor de fumaça.

Concluída as quatro etapas, o drone deverá conectar-se ao celular Android via bluetooth para começar as configurações de voo, que serão feitas por meio de um aplicativo, que possibilita mapear toda a área a ser monitorada, além de oferecer várias configurações mais avançadas como calibragem do aceleramento e altímetro. A partir das primeiras configurações, o drone será capaz de iniciar o trabalho autônomo, saindo de uma base e percorrendo o trajeto definido por pontos de GPS marcados no mapa, em *looping*, até encontrar uma condição de parada.

Durante o voo do drone, o sensor de fumaça estará o tempo todo ativo. Uma vez encontrado um possível incêndio, será utilizada a placa GSM GPRS (*General Packet Radio Service*) Shield, que enviará um SMS (*Short Message Service*) para o usuário com uma referencia da foto, as coordenadas do possível local do incêndio e ao nível de gás e fumaça medido pelo sensor. Para realizar todas essas tarefas, o drone deverá circular em uma área que tenha sinal de telefone a fim de que as comunicações sejam feitas em tempo real. O usuário também poderá se comunicar com o drone antes mesmo de algum alerta acontecer, solicitando relatórios parciais de seu voo como o envio de foto e qualidade do sinal. Para voltar à base, terá disponível um marco inicial gravado de tal forma que, se for necessário, o drone poderá voltar diretamente ao ponto de origem.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O protótipo batizado de FireFly: Figura 2, foi construído com uma placa micro-controladora de código aberto de baixo custo e apresentou dificuldade de estabilidade durante o voo em locais com ventos fortes como em Vila Velha - ES onde foram feito os primeiros testes.

Figura 2. FireFly.

Para voos autônomos, a qualidade do sinal GPS e a quantidade de satélites detectados apresentaram diferença na estabilidade do voo.

O drone conta com uma bateria de 4500mah, proporcionando um tempo médio de voo de 30 minutos, limitado o monitoramento a alguns hectares, não foi feito teste funcionais para concluir a área que seria possível o monitoramento.

A câmera trabalha de forma assíncrona com o Arduino. As fotos são tiradas por um intervalo de 5 segundos e o algoritmo foi programado com um contador crescente de acordo com o tempo, onde, através da divisão do tempo percorrido por 5 retorna a foto de referencia.

O sensor de fumaça MQ-2 fica suspenso no drone durante o voo, fazendo com que o vento impulsionado pelas hélices alterem os resultados coletado sensor. Caso o sensor fique proximo as hélices, os valores coletados se tornam menos confiáveis, caso fique distante há a possibilidade de que o sensor se prenda em algum obstáculo pelo caminho, como arvores ou plantas altas da vegetação.

5. CONCLUSÕES

Com o sinal de 3 satélites, o drone não consegue se manter em um ponto fixo, circulando em torno do ponto por conta do alto valor de acurácia, com 7 satélites a precisão dos pontos de coordenadas tornavam o voo sem desvios do trajeto original.

Para prolongar ou alcançar a autonomia das baterias, pensou-se utilizar placas solares, porém, as placas comercializadas que um drone possa transportar não consegue suprir a demanda energética dos motores.

Para amenizar os efeitos de fortes ventos, é indispensável a utilização de uma placa com sensores de acelerômetro, giroscópio e barómetro mais eficientes.

A câmera tem um potencial que esta sendo pouco explorado, no intuito de se obter melhor qualidade dos resultado. Ela apenas tira fotos do terreno que esta sendo sobrevoado. As fotos poderiam ser analisadas por processamento de imagens para confirmar os níveis de fumaça detectado pelo sensor para confirmar se realmente os dados coletados se trata de um possível incêndio.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, ANAC (Ed.)**.Diário Oficial da União**, 2011.

AGENCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, ANAC (Ed.)**.Diário Oficial da União**, Revisão A, n. 21-002, p. 21, 2012.

ALLISON, R. S. Et al. **Airborne optical and thermal remote sensing for wildfire detection and monitoring**. Sensors, v. 16, n.8, p. 1310, 2016.

COSTA, C. Portaria das n207 In: AERONÁUTICA, M. Da (Ed.). **Diário Oficial**. p. 100, 1999.

CROIZÉ, P. Et al.**Autonomous measurement drone for remote dangerous source location mapping**. International Journal of Environmental Science and Development(IJESD). Vol. 6, No 5, DOI: 10/7763/IJESD.2015.V6.624, p 391-396.

GONZALEZ, D. **3G Panther Drone Final Report: 100% Report.** 2012.

HUA, L. Et al. **The progress of operational forest fire monitoring with infrared remote sensing.** Journal of Forestry Research, p. 1-15, 2017.

MØST, P. M. **Visual navigation of an autonomous drone.** Institutt for datateknikk og informasjonsvitenskap, 2014.

RAO, G. N. Et al. **A Drone Remote Sensing for Virtual Reality Simulation System for Forest Fires: Semantic Neural Network Approach.** In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2016. p. 012011.

ROCHA, J. V. **FireFly: Quapcopter de Monitoramento Autônomo.** 2016.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

CONTROLADOR FUZZY MAMDANI APLICADO À NAVEGAÇÃO AUTÔNOMA EM AMBIENTE DESCONHECIDO VARIANTE NO TEMPO.

[1]**Pierangeli, Eduardo Vilela** (evp.pierangeli@gmail.com), [2]**Almeida, Jordann Alessander Rosa** (jordann.alessandro@gmail.com), [3]**Ribeiro, Eduardo Godinho**(eduzero10@gmail.com), [4]**Pierangeli, Marcelo Vilela** (mvpierangeli@yahoo.com.br).

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: Este trabalho aborda o controle veicular autônomo em ambiente desconhecido, utilizando um carro em miniatura, composto por um Arduíno MEGA, um servo motor e um motor de passo, possuindo ainda, uma carroceria que comporta as rodas e os demais componentes. Pretendeu-se obter e comparar três controladores, dois do tipo fuzzy Mamdani e um do tipo on/off, ambos desenvolvidos utilizando-se da plataforma Arduíno®. Os resultados obtidos demonstram a eficácia dos controladores fuzzy em relação ao on/off, principalmente no que diz respeito a estabilidade e suavidade do veículo, e mostram também que o Mamdani com funções de pertinência ajustadas simetricamente executou o percurso com maior acurácia do que os demais.

Palavras Chave: Fuzzy Mamdani; Veículo Autônomo; Controle Inteligente.

MANDANI FUZZY CONTROLLER APPLIED TO AUTONOMOUS NAVIGATION IN UNKNOWN ENVIRONMENT VARIANT IN TIME.

ABSTRACT: This work deals with autonomous vehicular control in an unknown environment, using a miniature car, composed of a MEGA Arduino, a servo motor and a stepper motor, also having a body that includes the wheels and the other components. It was intended to obtain and compare three controllers, two of the fuzzy Mamdani type and one of the on/off type, both developed using the Arduino® platform. The results obtained demonstrate the efficacy of the fuzzy controllers in relation to the on/off, mainly regarding the stability and smoothness of the vehicle, and also show that the Mamdani with symmetrically adjusted pertinence functions performed the course more accurately than the others.

Keywords: Fuzzy Mamdani; Autonomous Vehicle; Intelligent Control.

1. INTRODUÇÃO

Um veículo autônomo é caracterizado por conseguir percorrer um determinado trajeto na ausência de um condutor ou ação humana de controle, Pissardini, et. al (2013). O processo de locomoção de veículos autônomos se encaixa no escopo de problemas da robótica móvel, pauta amplamente discutida em trabalhos e artigos nos últimos anos Wolf, et. al (2009). Assim, diversas tecnologias surgem com a finalidade de prover a autonomia na locomoção dos veículos, sendo as técnicas de inteligência computacional notáveis ferramentas para o desenvolvimento da robótica móvel, uma vez que apresentam ao sistema a capacidade adaptativa para ambientes desconhecidos, além de conseguirem tratar não linearidades e alterações temporais no modelo, Silva (2008).

Dentre as técnicas de inteligência computacional para o controle de sistemas dinâmicos, tem-se a lógica fuzzy ou Lógica nebulosa, uma considerável ferramenta capaz de mapear valores lógicos (pertinências) em diversos patamares, diferentemente da lógica binária, Simões e Shaw (2007). Desta forma, a lógica fuzzy trabalha com várias condições de entrada, mesclando todas elas com “pesos” para cada uma e então descobrindo uma saída por algum método matemático, geralmente o centroide (centro de massa). O bom desta forma de controle é que o mesmo não possui nenhuma variação muito brusca como é possível em outros casos de controle, Souza, et. al (2015).

Um dos modelos de utilização da Lógica Fuzzy, conhecido como Mamdani (1974), estabelece um método de inferência que possui relações fuzzy por meio de proposições formadas por antecedentes, operadores lógicos matemáticos e consequentes. Dessa forma, as regras fuzzy são descritas como mostrado em (1), Novák, et. al (1999).

$$Se\langle antecedente\rangle\langle operador\rangle\langle antecedente\rangle\ldots,então\langle consequente(s)\rangle \quad (1)$$

De acordo com a intensidade das regras que são ativadas durante o processo de inferência, após a etapa de fuzzyficação, são formadas regiões que mapeiam os valores de saída que serão obtidos após o processo de defuzzificação, Silva et. al (2010). A base de regras da metodologia de Mamdani utiliza de composição de inferência max-min. Assim, a relação fuzzy M é o subconjunto fuzzy de $X \times U$ cuja função de pertinência é dada por:

$$\emptyset_{M(x,u)} = max_{1\leq i\leq r}\, \emptyset_{Ri}(x,u) = max_{1\leq i\leq r}\, \emptyset_{A_j}(x) \wedge \emptyset_{B_j}(u) \quad (2)$$

em que o r o número de regras que compõem a base de regras, $\boldsymbol{A_j}$ e $\boldsymbol{B_j}$ são os subconjuntos fuzzy da regra j, Souza, et. al (2015).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é utilizar o controlador fuzzy do tipo Mamdani a fim de prover navegação autônoma um veículo de pequeno porte, implementado em um sistema embarcado, em um ambiente desconhecido sujeito a variações ao longo do tempo.

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Objetivou-se neste trabalho, obter controladores *fuzzy* e *on/off* capazes de executar a navegação autônoma de um veículo em miniatura em uma pista predefinida, inicialmente apenas seguindo o trajeto e posteriormente sendo capaz de reconhecer obstáculos repentinos em seu caminho e tomar uma decisão adequada. Apesar a utilização de um veículo em miniatura, ele apresenta características similares a de veículos reais existentes atualmente.

Um dos problemas associados aos sistemas *fuzzy*, quando usados como única forma de controle, é que as suas regras e parâmetros não podem ser ajustados em

tempo real, e seu ajuste off-line acaba sendo um processo trabalhoso, Kridi, et. al (2000). Entretanto, para a aplicação proposta, é possível que seja feito o projeto de um controlador com base em conhecimento especialista, o que facilita bastante a implementação desta técnica.

Outra característica importante na justificativa do uso de *fuzzy Mamdani* está na sua capacidade de executar tarefas de maneira relativamente suave, Silva et. al (2010), o que é indispensável quando se trata de controle veicular, uma vez que está diretamente ligado com a segurança e conforto dos passageiros do possível automóvel.

3. METODOLOGIA

Para a implementação do controlador *fuzzy Mamdani* foi utilizada uma placa *Arduino Mega 2560*, com auxílio da biblioteca *eFLL* (*Embedded Fuzzy Logic Library*), Kridi, et. al (2000), implementada em linguagem C++, permitindo fácil criação de funções de pertinência, antecedentes, consequentes e regras *fuzzy*, embora apresente bom desempenho apenas a um conjunto limitado de regras, possua restrição para a criação de funções de pertinência aceitando apenas funções triangulares e trapezoidais e apresenta apenas dois operadores de *fuzzificação* (MAX-MIN) assim como um único método de *defuzzificação* (centro de área).
Foram usados 2 sensores ultrassônicos (HC-SR04) na frente do veículo, com angulação de 30º em relação ao para-choque como pode ser visto na Figura 1. As distâncias lidas pelos sensores ultrassônicos foram utilizadas como entradas do controlador f*uzzy* e como saídas os valores de angulação das rodas dianteiras e velocidade das rodas traseiras aplicados ao microsservo motor (Sg-90) e ao motor de passo (28BYJ-48) respectivamente.

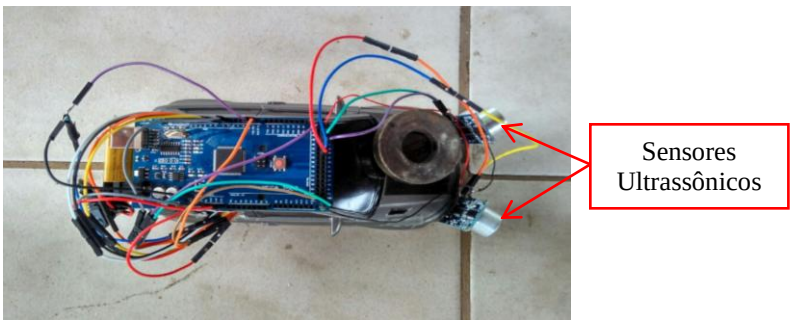


Figura 1: veículo utilizado.

Foi construída uma pista com paredes de isopor espaçadas à 33 centímetros, possuindo comprimento total de 280 centímetros, onde foram realizados três ensaios de percurso, utilizando um controlador do tipo *On/Off*, e dois controladores *fuzzy Mamdani* variando as funções de pertinência utilizadas na saída de angulação da roda dianteira.

Foram coletados os tempos de percurso de cada controlador e, por fim, avaliados os seus desempenhos quanto ao nível de oscilação das rodas dianteiras e distância do veículo até o centro da pista.

Para os controladores *fuzzy* foram elaboradas 8 regras, as quais utilizam o conectivo *OR* na construção das proposições compostas (controle de velocidade) e proposições simples (controle de angulação) e o método de centro de massa para *desfuzzificação*.

4. RESULTADOS

Para comprovar a eficácia da metodologia proposta, foram desenvolvidas as funções de pertinência para as entradas e saídas, mostradas na Figura 2.

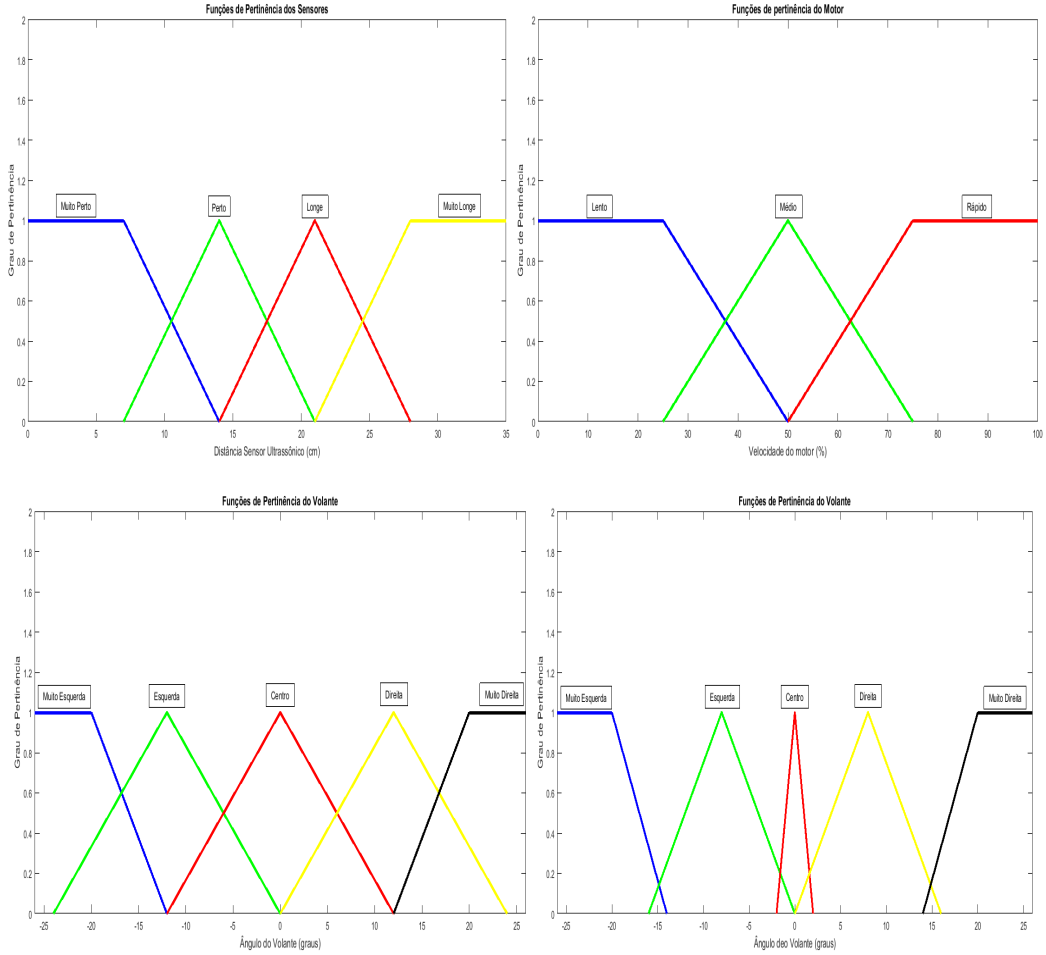


Figura2: Funções de Pertinência utilizadas.

As funções de pertinência foram baseadas em conhecimentos especialistas e foram distribuídas priorizando os extremos. Foram utilizadas FP idênticas para ambos os sensores. Para a saída velocidade de ambos os controladores *fuzzy* foram mantidas as mesmas características, alterando-se somente as FP relativas à saída da angulação do volante. Essas alterações foram feitas a fim de priorizar ainda mais os extremos, uma vez que o veículo apresenta uma baixa angulação máxima das rodas dianteiras (em torno de 26°).

Para os controladores *fuzzy* foram aplicadas as seguintes regras conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Base de Regras *Fuzzy*.

ANTECEDENTE 1	OPERADOR	ANTECEDENTE 2	CONSEQUENTE
SEMP	-	-	ARMD
SEP	-	-	ARD
SEL	OU	SEML	ARC
SDMP	-	-	ARME
SDP	-	-	ARE
SDL	OU	SDML	ARC
SEMP	OU	SDMP	V_{Baixa}
SEP	OU	SDP	V_{Baixa}
SEL	OU	SDL	$V_{Média}$
SEML	OU	SDML	V_{Alta}

Legenda: S →Sensor; E→Esquerda; D→Direita; C→Centro; M→Muito; L→Longe; P→Perto; AR→Ângulo da Roda; V→Velocidade.

No projeto do controlador *On/Off*, foi determinado que se o sensor da esquerda apresentar uma distância inferior ao da direita, então o veículo deve convergir o máximo possível para a direita, e vice-versa. Em caso de distâncias iguais em ambos os sensores, o carro deve seguir em linha reta. O controlador *On/Off*, não possui nenhum tipo de controle de velocidade, sendo responsável apenas por controlar a posição do veículo, desse modo, o percurso é realizado com a velocidade máxima.

Depois de executados os ensaios de percurso para os três tipos de controladores pode-se perceber que o controle do tipo *On/Off* apresentou um menor tempo de percurso (214 segundos) comparado aos demais, uma vez que este não possuía ponderação em sua velocidade. No entanto este controlador foi o que indicou maior oscilação do ângulo das rodas dianteiras, fazendo com que o veículo realizasse movimentos bruscos e seguisse uma trajetória desordenada.

Já o controlador *Fuzzy*1 (controlador com funções de pertinência simétricas para a saída de ângulo do volante) apresentou maior estabilidade durante o trajeto, realizando curvas de forma suave ao longo do percurso e mantendo sua posição próxima ao centro da pista. Entretanto, devido ao controle da velocidade aumentou-se o tempo (232 segundos) despendido no ensaio.

O controlador *Fuzzy*2 (controlador com funções de pertinência assimétricas que priorizam as extremidades para a saída de ângulo do volante) também obteve uma boa estabilidade e trajetória suave durante as curvas, mas manteve sua posição um pouco mais distante do centro da pista quando comparado ao *Fuzzy*1. Isso se deve ao fato de suas FP preterirem os ângulos pertencentes à faixa central, fazendo com que o veículo percorresse trajetos retilíneos com menor frequência. Este modelo realizou o percurso em 229 segundos.

Na Figura 3 são demonstrados os percursos em quatro instantes para cada controlador. Cada linha da figura ilustra um ponto específico do trajeto e cada coluna um tipo de controlador. As primeira, segunda e terceira colunas representam os controladores *Fuzzy*2, *Fuzzy*1 e *On/Off,* respectivamente.

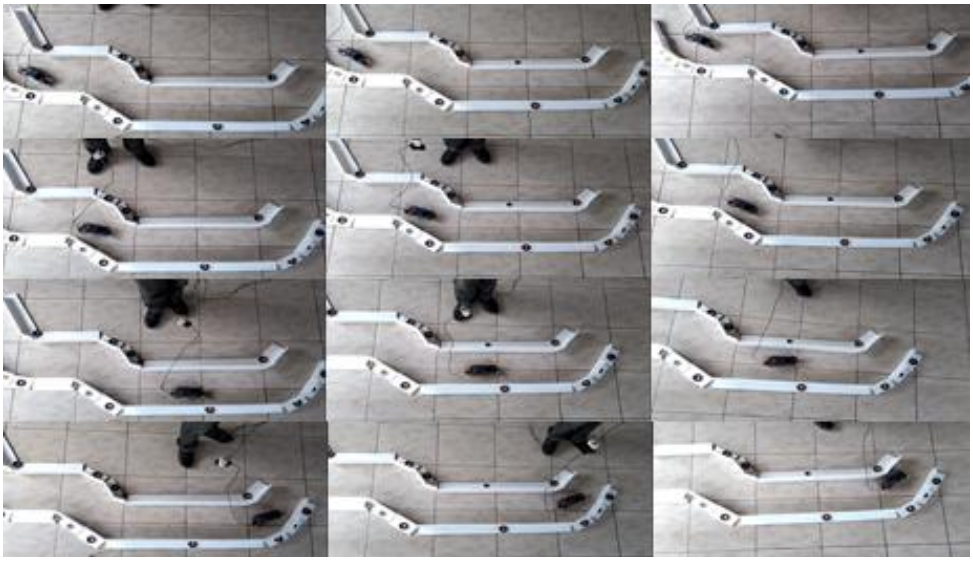


Figura 3 – Percurso seguido pelos três tipos de controladores.

5. CONCLUSÃO

O controlador *On/Off*, apesar de conseguir realizar o trajeto proposto com uma velocidade superior, apresentou movimentação bastante brusca, com alternância repentina do ângulo das rodas. Considerando o modelo em miniatura utilizado, isto não é um problema de grande importância, mas se considerados veículos em tamanho real, estes movimentos afetariam em muito o conforto e segurança dos passageiros, implicando na não aplicabilidade deste método.

Os controladores *fuzzy*, não apresentaram este problema, como era esperado. Quanto ao ajuste de parâmetros das funções de pertinência, foi observado que ao preterir a faixa de angulação central, gerou-se um aumento na velocidade acompanhado de um crescimento na distancia em relação ao centro da pista. Desta forma, não se pôde inferir sobre qual dos dois modelos *Mamdani* é superior, uma vez que cada um é mais apropriado para um determinado contexto.

No futuro pretende-se ainda, dar prosseguimento à este trabalho utilizando algum outro tipo de hardware, que seja capaz de multiprocessamento, o que poderia melhorar substancialmente os resultados, devido a possibilidade de implementação de técnicas de inteligência computacional mais avançadas, além de maior velocidade de processamento. Outro ponto a ser observado para os trabalhos futuros é a implementação própria das técnicas *fuzzy*, pois a biblioteca *eFLL* ainda é bastante limitada e apresenta problemas de execução.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Kridi, D. S.; Alves, A. J. O.; Lemos, M. V. S.; Rabêlo, R. A. L. **Desenvolvimento De Uma Biblioteca Fuzzy Para O Controle Autônomo De Um Robô Móvel Em Ambiente Desconhecido**, SBA Controle e Automação, 2000. Teresina, 2000.

Novák, V.; Perfilieva, I.; Močkoř, J. **Mathematical principles of fuzzy logic Dodrecht: Kluwer Academic**, 1999.

Pissardini, R. S.; Wei D. C. M.; Fonseca, J. E. S. **Veículos Autônomos: Conceitos, Histórico e Estado-da-Arte**. XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2013. São Paulo, 2013.

Silva, A. L. V. **Arquitetura Compacta Para Projeto de Robôs Móveis Visando Aplicações Multipropósitos**, Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

Silva, I. N.; Spatti, D. H.; Flauzino, R. A. **Redes Neurais Artificiais para engenharia e ciências aplicadas. 1. ed**. São Paulo: Artliber, 2010.

Simões, M. G.; Shaw, I. S. **Controle e Modelagem Fuzzy. 1. Ed**. São Paulo: Blucher, 2007.

Souza, O. N.; Mesquita, M. E. R. **Teoria e Aplicações de Memórias Associativas Morfológicas Nebulosas**, Unicamp.

Wolf, D. F.; Osório, F. S.; Simões, E.; Trindade, J. O. **Intelligent Robotics: From Simulation to Real World Applications**, SBC - JAI 2009 - Congresso da SBC – Sociedade Brasileira de Computação (Brasil). SBC Jornada de Atualização em Informática. p. 279-330. São Paulo, 2009.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

SIMULAÇÃO DE CONTROLE DE PÊNDULO INVERTIDO COM DOIS GRAUS DE LIBERDADE EM ESPAÇO DE ESTADOS

[1]**G. Ribeiro, Eduardo**(eduardogr.eng@gmail.com.br),
[1]**A. T. Souza, Célio**(caugusto.terra@gmail.com), [1]**L. O. Mota, Frederico**
(frederico.mota@outlook.com),[1]**V. Pierangeli, Eduardo** (evp.pierangeli@gmail.com)

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário,Lavras, Minas Gerais,Cep 37200-000

RESUMO: A modelagem de sistemas em espaço de estados é uma alternativa à modelagem clássica no domínio da frequência. Neste estudo procurou-se estabelecer o modelo no domínio do tempo de um pêndulo invertido planar. Após a obtenção do modelo procedeu-se à análise de estabilidade do sistema e posterior projeto de dois controladores: pelo método de alocação de polos de Ackerman e pela técnica de controle ótimo. Os dois resultados foram comparados graficamente, bem como por meio de simulação adaptada de um modelo disponível no software *Simulink*. Como resultado obteve-se um sistema estabilizado que atende aos requisitos de tempo de resposta projetados.

Palavras Chave: Controle em Espaço de Estados; Pêndulo Invertido; *Simulink*; Controle Quadrático Ótimo

SIMULATION OF TWO DEGREE OF FREEDOM INVERTED PENDULUM CONTROL IN STATE-SPACE

ABSTRACT: State-space modeling is an alternative to classical frequency domain modeling. In this study the time-domain model of a planar inverted pendulum was made. After obtaining the model, the system stability analysis and subsequent design of two controllers were performed: by the Ackerman poles allocation method and by the optimal control technique. The two results were compared graphically, as well as by means of adapted simulation of a model available in *Simulink* software. As result a stabilized system that attends the projected response time requirements was obtained.

Keywords: State-space Control; Inverted Pendulum; Simulink; Linear Quadradic Optimal Control

1. INTRODUÇÃO

Sistemas não-lineares desafiam as técnicas clássicas de controle. Diversas abordagens são propostas para lidar com tais sistemas.

Uma das técnicas utilizadas é a linearização (AGUIRRE, 2007). Nesse caso, o sistema é aproximado, em torno do ponto de operação, por um sistema linear. O sistema linearizado é mais fácil de ser analisado, embora o modelo possa falhar, caso o sistema se afaste do ponto em torno do qual foi linearizado.

A partir da aproximação linear do sistema, técnicas para controle linear podem ser aplicadas, tais como controle por realimentação de estados, (OGATA, 2010). Para calcular o vetor de realimentação, pode-se utilizar o método de Ackermann, (OGATA., 2010). Esse método consiste em escolher os ganhos de modo que os polos do sistema em malha fechada (ou seja, as raízes da equação $|sI - A + BK| = 0$) estejam em lugares adequados. Os polos de malha fechada podem ser escolhidos de modo que o sistema atenda aos requisitos especificados.

Controle Quadrático Ótimo também pode ser usado para cálculo dos ganhos de realimentação. Essa abordagem não lida diretamente com os polos do sistema, mas busca minimizar o custo do controle. De maneira mais específica, o objetivo é minimizar a função J, um índice de desempenho definido conforme Equação 1:

$$J = \int_0^\infty (x'Qx + u'Ru)dt, \quad (1)$$

em que o primeiro termo da integral se refere ao erro, o segundo à energia de controle e a união de ambos leva em consideração a rapidez da resposta e a energia solicitada por meio das matrizes de preferência Q e R, simétricas e definidas positivas.

Tendo projetado o controlador, é fundamental que o sistema controlado seja simulado computacionalmente, de modo a verificar que o sistema linearizado se comporta como o esperado, apesar das aproximações feitas, (OLIVARES e ALBERTOS, 2014).

No presente trabalho, o objetivo é linearizar, modelar em espaço de estados, projetar um controlador e simular um pêndulo invertido com dois graus de liberdade. Tal sistema é representativo de muitos aparatos de equilíbrio, como veículos de transporte humano e robôs autônomos. O sistema, descrito em (RONG, 2000) se move em um carrinho sobre um plano, e recebe atuação de forças externas em duas direções perpendiculares.

2. METODOLOGIA

O controle a ser feito é o controle por realimentação de estados. O sistema deverá seguir as referências de posição nos eixos x e y, e os demais estados (posições angulares e todas as velocidades) deverão ser regulados, isto é, levados para zero.

Para obter esse resultado, os sinais de referência de posição serão inseridos na malha direta, multiplicados por ganhos específicos. Os estados regulados serão realimentados na entrada, também multiplicados por uma matriz de ganhos. Para o cálculo desses ganhos, serão utilizados o método da alocação de pólos (Ackermann) e o controle quadrático ótimo.

Por fim, o controle do sistema será simulado, com o auxílio do software Matlab R2013a.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Modelagem em Espaço de Estados

O sistema a ser controlado é um pêndulo esférico invertido montado sobre um carrinho que pode se mover livremente com dois graus de liberdade. São admitidos três eixos

coordenados, *Ox*, *Oy, Oz*, ortogonais, de tal modo que o plano *xy* é o plano no qual o carrinho se movimenta, e o eixo *Oz* é o eixo vertical para cima.

Como provado em RONG (2000), é possível projetar o pêndulo esférico em dois planos, o plano *xz* e o plano *yz*, como mostrado na Figura 1.

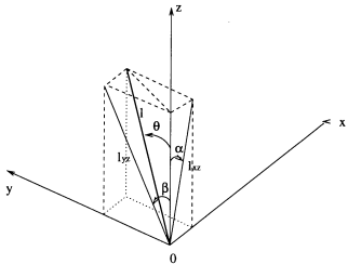


Figura 1. Projeção do pêndulo esférico nos planos yz e xz (RONG, 2000).

Para movimentos perto da posição de equilíbrio, as duas projeções podem ser tratadas como pêndulos invertidos de um grau de liberdade, independentes um do outro, e que podem ser controlados separadamente. Para obter as equações diferenciais que descrevem o comportamento dinâmico do sistema foi utilizado o conceito de Lagrangiano. Este relaciona os diversos tipos de energia do sistema – cinética, potencial, bem como a perdida por meio de forças dissipativas.

Deste modo, as equações dinâmicas do sistema, como deduzidas em (RONG, 2000), são as seguintes:

$$(I+ml^2)\ddot{\alpha}+ml\cos\alpha\,\ddot{x}-mgl\sin\alpha+d\dot{\alpha}=0 \quad (2)$$

$$(M+m)\ddot{x}+ml\cos\alpha\,\ddot{\alpha}-ml\sin\alpha\,\dot{\alpha}^2+b\dot{x}=F_x \quad (3)$$

$$(I+ml^2)\ddot{\beta}+ml\cos\beta\,\ddot{y}-mgl\beta+d\dot{\beta}=0 \quad (4)$$

$$(M+m)\ddot{y}+ml\cos\beta\,\ddot{\beta}-ml\sin\beta\,\dot{\beta}^2+b\dot{y}=F_y \quad (5)$$

em que M é a massa do carrinho, m a massa do pêndulo, l o comprimento do pêndulo, I o momento de inércia do pêndulo, b o coeficiente de atrito translacional do carrinho, d o coeficiente de atrito rotacional do pêndulo, x, y os deslocamentos do carrinho em relação aos eixos Ox e Oy, respectivamente, α o ângulo do pêndulo em relação a vertical, projetado no plano xz, β o ângulo do pêndulo em relação a vertical, projetado no plano yz e F_x, F_y as forças atuantes.

O sistema foi linearizado em torno da origem, ou seja, admitindo pequenos desvios do pêndulo em relação a vertical. Assim sendo, supõe-se $\sin\alpha \approx \alpha, \cos\alpha \approx 1$ e $\dot{\alpha}^2 \approx 0$, e suposições equivalentes para β. Substituindo os valores numéricos para os parâmetros do sistema apresentados na Tabela 1 e rearranjando as Equações 2-5 após a linearização considerada obtém-se o modelo descrito pelas Equações 6 e 7 e a Equação 8 de saída.

Tabela 1. Parâmetros do sistema (extraídos de KUMAR *et al.* (2013)).

Parâmetro	Valor
Massa do carro (kg)	1,206
Massa do pêndulo (kg)	0,2693
Comprimento do pêndulo (m)	0,1623
Coeficiente de atrito translacional ($Ns.m^{-1}$)	0,005
Coeficiente de atrito rotacional ($Mm.rad^{-1}$)	0,005
Momento de inércia do pêndulo ($kg.m^{-2}$)	0,099
Aceleração gravitacional ($m.s^{-2}$)	9,8

$$\begin{bmatrix}\dot{\alpha}\\ \ddot{\alpha}\\ \dot{x}\\ \ddot{x}\\ \dot{\beta}\\ \ddot{\beta}\\ \dot{y}\\ \ddot{y}\end{bmatrix} = A\begin{bmatrix}\alpha\\ \dot{\alpha}\\ x\\ \acute{x}\\ \beta\\ \dot{\beta}\\ y\\ \acute{y}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}0 & 0\\ -0.27831 & 0\\ 0 & 0\\ 0.68842 & 0\\ 0 & 0\\ 0 & -0.27831\\ 0 & 0\\ 0 & 0.68842\end{bmatrix}\begin{bmatrix}F_x\\ F_y\end{bmatrix} \quad (6)$$

$$A=\begin{bmatrix}0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 4.0088 & -0.0477539 & 0 & 0.0139155 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0.1168061 & 0.0939155 & 0 & 0.03442 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4.0088 & -0.0477539 & 0 & 0.0139155\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1168061 & 0.0939155 & 0 & 0.03442\end{bmatrix} \quad (7)$$

$$y=[\alpha \quad x \quad \beta \quad y]^T \quad (8)$$

O sistema encontrado é de oitava ordem, com polos $0, -2.0263, 1.9790, 0.0340$, todos polos duplos. O sistema é instável em malha aberta. Esse fato é compreensível, dada a configuração de um pêndulo invertido – pequenas oscilações levam o pêndulo para longe do pêndulo invertido. Como a matriz de controlabilidade M (OGATA, 2010) tem posto 8 (posto completo), o sistema é de estado completamente controlável e consequentemente, estabilizável, já que seus modos instáveis são controláveis.

3.2 Método de Ackerman

No presente caso, os polos escolhidos foram $-2, -3, -4, -5$, cada um com multiplicidade dois. Esses polos são todos reais, evitando assim a oscilação do sistema. Também estão mais à esquerda que os polos em malha aberta, garantindo uma resposta mais rápida. Os polos mais lentos são os localizados em -2, com uma constante de tempo associada de $\frac{1}{2} = 0{,}5\ s$. Assim, espera-se que os modos mais lentos se estabilizem em cerca de $4 \times 0{,}5 = 2\ s$. Utilizando o comando *place* do Matlab é obtida a matriz de ganhos representada na Equação 9.

$$K=\begin{bmatrix}390{,}538 & 192{,}166 & -44 & -57.370 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 390{,}538 & 192{,}166 & -44 & -57.370\end{bmatrix} \quad (9)$$

3.3 Controle Quadrático Ótimo

No presente caso, para o LQR escolheu-se Q como a matriz identidade 8×8 multiplicada por 10 e R como a matriz identidade 2×2. Tais escolhas foram feitas pois não há preferência para convergência mais rápida de algum estado e, como será feita apenas a simulação, não há limite para o valor da entrada. Com o comando *lqr* do *Matlab*, a matriz de ganhos calculada é mostrada na Equação 10.

$$K=\begin{bmatrix}89.589 & 44.192 & -3.162 & -7.600 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 89.589 & 44.192 & -3.162 & -7.600\end{bmatrix} \quad (10)$$

A seguir, o sistema foi simulado, com referência para a posição x em 1 e para a posição y em 0,5. Os resultados podem ser vistos nas Figuras 2 e 3.

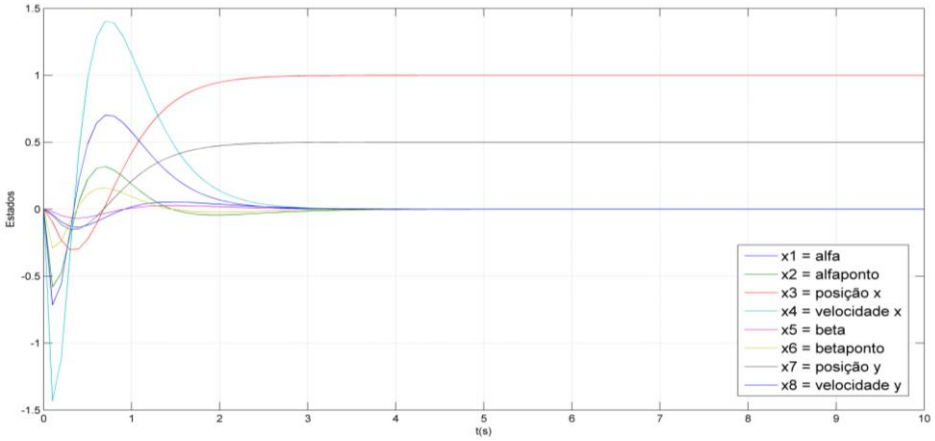


Figura 2. Resposta dos estados após o controle por alocação de polos.

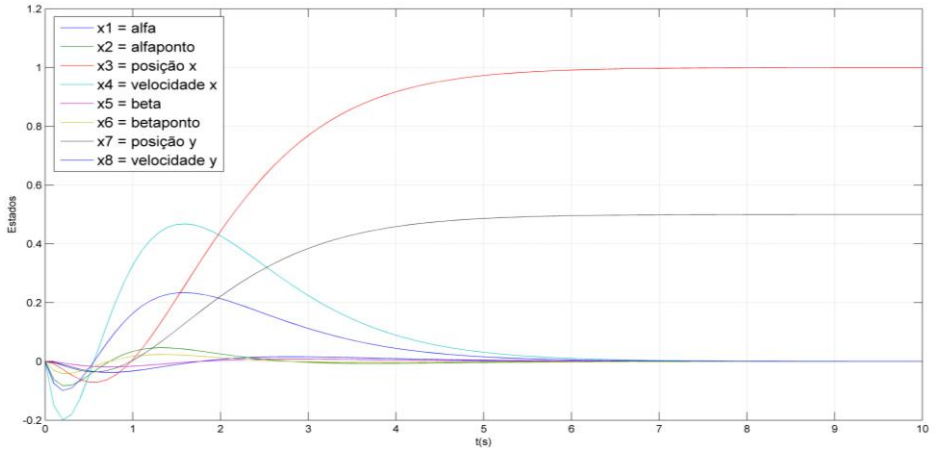


Figura 3. Resposta dos estados após o controle ótimo.

Para o primeiro caso, o sistema responde de maneira adequada. Os estados do problema servo realmente seguem o sinal de referência, sem erro em estado estacionário, e os estados regulados vão a zero rapidamente. Os modos mais lentos se estabilizam em cerca de $2{,}5\ s$, um pouco mais lento que o projetado, mas ainda considerado razoável.

Por meio do controle ótimo, novamente, o sistema se comportou como o esperado, sem erro em regime permanente. No entanto, o sistema com o controle ótimo respondeu de maneira bem mais lenta que a abordagem anterior, com alguns modos demorando mais de $5\ s$ para se estabilizarem. Isso não significa necessariamente que a abordagem por controle ótimo seja intrinsecamente pior que a abordagem por alocação de polos – escolhas apropriadas das matrizes Q e R podem levar o sistema a uma convergência mais rápida.

3.4 Simulação

Foi feito um modelo do sistema no *software* Simulink®. A esse modelo foi associada uma animação 3D do sistema, baseada no modelo *vrpend* já existente no *Matlab*, conforme Figura 4.

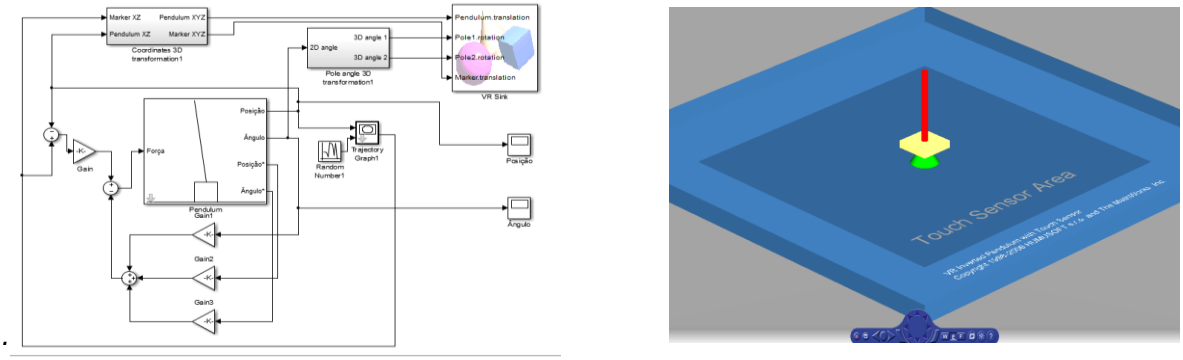


Figura 4. Modelo do sistema e animação do pêndulo no *Simulink*.

Nota-se pelo modelo que o sinal de referência para as posições é dado pelo usuário, que o faz através da simulação 3D. Os demais estados são realimentados na malha inversa.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que é viável um controle através da abordagem de espaço de estados para o sistema do pêndulo invertido com dois graus de liberdade. O sistema, instável em malha aberta, é estabilizável. As simulações mostram que os controladores projetados funcionam de maneira adequada e conseguem fazer com que o sistema atenda aos requisitos desejados.

O controlador ótimo responde de uma maneira mais lenta que o controlador projetado por alocação de polos. Entretanto, é possível aumentar sua velocidade de resposta escolhendo de maneira adequada as matrizes Q e R. Este tem a vantagem de minimizar a função "custo" do sistema, o que pode ser de importância vital em aplicações práticas.

Nota-se que, como a matriz Q foi multiplicada por 10 e a matriz R não recebeu nenhuma multiplicação escalar, o desempenho dos estados, como a ausência de oscilações foi priorizado. Em situações reais, a matriz R pode receber valores maiores de modo a priorizar a energia limitada do sinal de controle.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, L. A. **Introdução à Identificação de Sistemas – Técnicas Lineares e Não-Lineares**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007. 728 p.

KUMAR, P. *et al.* Modelling and Controller Design of Inverted Pendulum. **Int. Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology**, v. 2, p. 200-206, 2013.

OGATA, K. **Modern Control Engineering**. New Jersey: Prentice Hall, 2010. 894 p.

OLIVARES, M.; ALBERTOS, P. Linear control of the flywheel inverted pendulum. **ISA Transactions**, v. 53(5), p. 1396-1403, 2014.

RONG, Y. **Geometric Techniques for Control of a 2-DOF Spherical Inverted Pendulum**. 77f. Dissertação (Mestrado) – Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, 2000.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

VELOCIMETRIA POR IMAGEM DE PARTICULA E CORRELAÇÃO DE IMAGEM DIGITAL APLICADA AO ESTUDO DE DEFORMAÇÕES EM *Eucalyptus grandis*

Costa Cardoso, João Manoel (joao.mccardoso@yahoo.com.br), **Pereira,** Rodrigo Allan (rodrigo.apereira@deg.ufla.br), **Pujaico Rivera,** Fernando (fpujaico@decom.fee.unicamp.br), **Edwigs da Silva,** Emily (emilysilva744@gmail.com).

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: Para utilizar um material com a finalidade estrutural é de suma importância conhecer, além das características do material, o método de validação adequado a ser empregado. Com isso, se torna essencial a busca por métodos simples, eficientes, econômicos e principalmente precisos. Em geral, metodologias tradicionais necessitam de equipamentos específicos e ambientes controlados para sua aplicação, o que inviabiliza sua aplicação em campo. Além disso, muitas vezes, as metodologias de ensaios tradicionais inviabilizam o uso das peças em estudo após o ensaio. Isso faz com que as técnicas não destrutivas, que utilizam de propriedades físicas para caracterizar o material, se tornem mais interessantes para aplicações em materiais submetidos a carregamentos. Podemos destacar duas técnicas com tais características, a velocimetria por imagem de partícula (PIV), e a correlação de imagem digital (DIC). Este estudo tem como objetivo comparar os deslocamentos obtidos através das duas técnicas destacadas com um método de validação convencional. Para os ensaios foram confeccionados corpos de prova de Eucalyptus grandis, cada corpo de prova foi submetido a um ensaio de flexão e em seguida as técnicas PIV e DIC foram aplicadas. Conclui-se que as técnicas PIV e DIC apresentaram resultados precisos em relação ao método de validação convencional utilizado.

Palavras Chave: PIV. DIC. Técnicas não destrutivas.

PARTICLE IMAGE VELOCIMETRY AND DIGITAL IMAGE CORRELATION APPLIED TO THE STUDY OF DEFECTS IN EUCALYPTUS GRANDIS

ABSTRACT: In order to use a material with a structural purpose it is extremely important to know, besides the characteristics of the material, the appropriate validation method to be employed. With this, it becomes essential to search for simple, efficient, economical and above all accurate methods. In general, traditional methodologies require specific equipment and controlled environments for their application, which makes their field application impossible. In addition, traditional test methodologies often make it unfeasible to use test pieces after the test. This makes non-destructive techniques, which use physical properties to characterize the material, become more interesting for applications in materials subjected to loading. We can highlight two techniques with such characteristics, particle image velocimetry (PIV), and digital image correlation (DIC). This study aims to compare the displacements obtained through the two highlighted techniques with a conventional validation method. For tests were made Eucalyptus grandis specimens, each specimen was subjected to a bending test and then the PIV and DIC techniques were applied. It is concluded that the PIV and DIC techniques presented precise results in relation to the conventional validation method used.

Keywords: PIV. DIC. Non-destructive techniques.

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente necessidade de novos materiais estruturais nas mais diversas áreas da indústria e na construção civil, faz-se necessário o desenvolvimento de técnicas capazes além de avaliar e caracterizar, mas também de descrever a condição de uso de tais materiais.

Metodologias convencionais de ensaio necessitam, na maioria dos casos, de equipamentos específicos e ambientes controlados para sua aplicação, isso impede que tais técnicas sejam aplicadas em campo. Além disso, técnicas convencionais, em geral, inviabilizam o uso posterior dos componentes estruturais analisados. Isso abre espaço para que técnicas não destrutivas, que utilizam de princípios físicos para determinar as características do material, sejam aplicadas em peças durante seu uso.

As técnicas não destrutivas possuem diversas vantagens, como a não necessidade de contato com o material analisado e a possibilidade da utilização do mesmo após o fim do ensaio. Além disso, contam com rápida aplicação, possibilidade de aplicação em campo e equipamentos de baixo custo. Algumas técnicas se destacam entre as metodologias não destrutivas, podemos citar o ultrassom (MELO; DEL MENEZZI, 2016), a vibração (STACHE, GUETTLER, MARBURG, 2016) e o infravermelho (KYLILI, 2014).

Além das já mencionadas, podemos destacar mais duas técnicas que possuem característica não destrutiva, a velocimetria por imagem de partícula (PIV) e a correlação de imagem digital (DIC), ambas são capazes de mensurar o nível de deformação de peças em situações em que ocorre variação entre posição inicial e final da região analisada. Segundo GAO et al. (2014) o DIC é uma técnica ótica, de fácil aplicação e que gera uma resolução satisfatória do campo de deslocamento.

O DIC teve origem no campo da mecânica dos sólidos e materiais, é uma ferramenta usada largamente para medir deformações e deslocamentos em objetos sólidos. Já o PIV teve suas origens na mecânica dos fluidos, é uma ferramenta de referência para a análise do campo de velocidade em fluidos. Segundo CHATELLIER E GIBOUIN (2013), ambas as técnicas possuem diversas diferenças praticas na sua aplicação, porem elas possuem fundamentos idênticos e isso faz com que existam aplicações em comum.

O Eucalyptus grandis foi escolhido como material de estudo por ser um material anisotrópico, isso faz com seu comportamento mecânico seja mais complexo comparado a outros materiais estruturais. De acordo com SOUZA el al. (2014) o que determina a orientação dos grãos na estrutura da planta são os eixos longitudinais das células, além disso ele destaca que a orientação dos grãos tem efeito direto sobre a resistência final da madeira.

De acordo com Abrantes, de Paula, e Azevedo (2012) as desvantagens de técnicas como o PIV e o DIC, que utilizam de padrões de marcadores para serem rastreados através de algoritmos computacionais está no fato que a densidade de partículas utilizadas como marcadores não devem ser muito elevada, de modo a permitir que cada particular seja associada com seu par.

O objetivo neste trabalho é comparar os valores de deformação obtidos para vigas de Eucalyptus grandis cerrada em ensaio de flexão estática através das técnicas não destrutivas digital image correlation (DIC) e particle image velocimetry (PIV) com os valores obtidos através da técnica convencional de ensaios (relógios comparadores

2. METODOLOGIA

Foi realizado um teste de flexão estática de vigas em uma máquina de teste universal (marca AROTEC) com capacidade de pelo menos 300 kN. Foram realizados testes em 23 amostras sem defeitos, de madeira Eucalyptus grandis, com dimensões de 2,5 × 2,5 × 41 cm. As amostras foram confeccionadas no laboratório Unidade Experimental em Painéis de Madeira (UEPAM) da Universidade Federal de Lavras. A execução dos testes e a preparação das amostras foram feitas com base na norma ASTM D143 – 94 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM, 1994).

Neste estudo é apresentado as técnicas PIV e DIC no contexto de flexão estáticas em vigas de madeira serrada. Foram selecionadas três regiões de interesse (centro, esquerda e direita) em cada viga para a aplicação das técnicas.

A montagem do experimento consistiu inicialmente de uma máquina universal de testes, relógios comparadores localizados nas regiões de interesse e uma câmera digital (CANON EOS Rebel T3) posicionada para tirar fotos do experimento. A câmera digital foi equipada com um jogo de

lentes de modo a melhorar a focalização da superfícies do corpo de prova. A Figura 1 exemplifica o esquema de montagem.

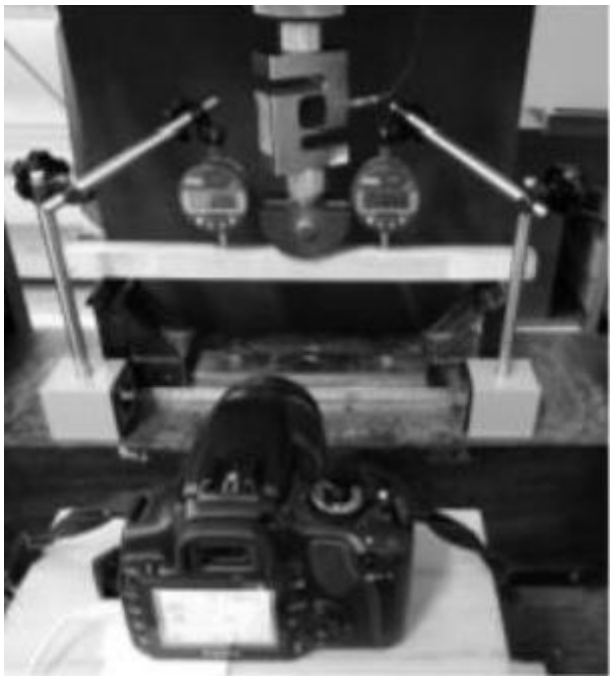


Figura 1. Esquema de montagem. Fonte: Do Autor

Foi aplicado um padrão de marcadores sobre a superfície de cada corpo de prova, assim as técnicas PIV e DIC utilizam estes pontos como partículas de modo a poder rastrear seu deslocamento a partir de uma sequência de imagens consecutivas.

3. RESULTADOS

Após a realização dos ensaios, as imagens capturadas durante o experimento foram submetidas aos algoritmos das técnicas PIV e DIC. Com isso é realizado o cálculo dos deslocamentos em janelas de interrogação posicionadas nas mesmas regiões onde os relógios comparadores foram instalados.

A aplicação das técnicas PIV e DIC ocorreu em paralelo com os ensaios de flexão estática. Os valores obtidos através dos relógios comparadores foram tidos como base, ou seja, os valores reais de deformação aos quais os corpos de prova foram sujeitos. A partir disso foi possível comparar esses resultados aos resultados obtidos com as técnicas PIV e DIC (FIGURAS 2, 3 e 4).

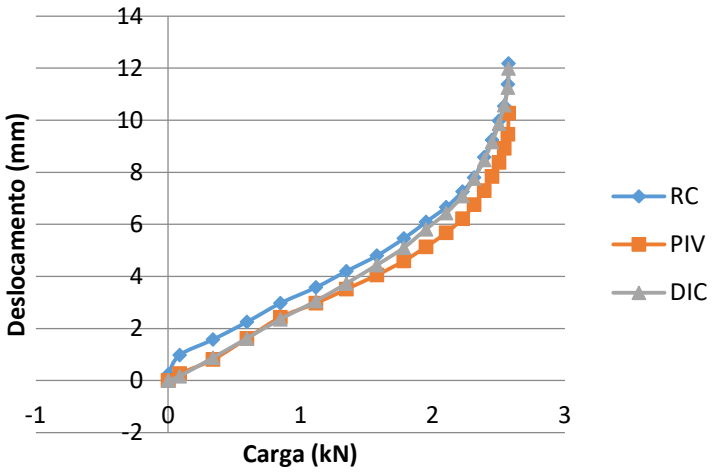


Figura 2. Comparação RC/PIV/DIC região central do corpo de prova.

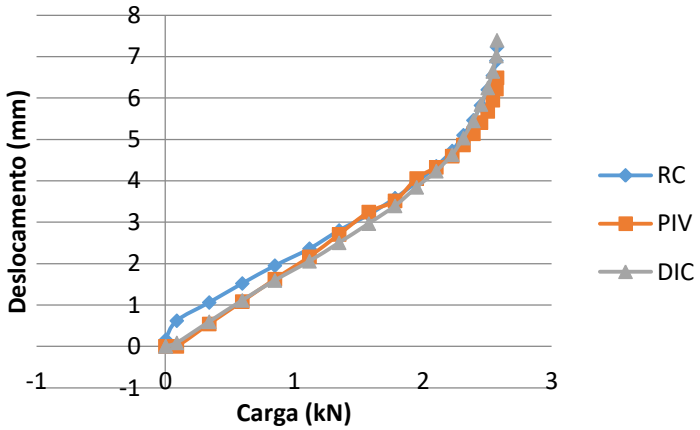


Figura 3. Comparação RC/PIV/DIC região a esquerda do corpo de prova.

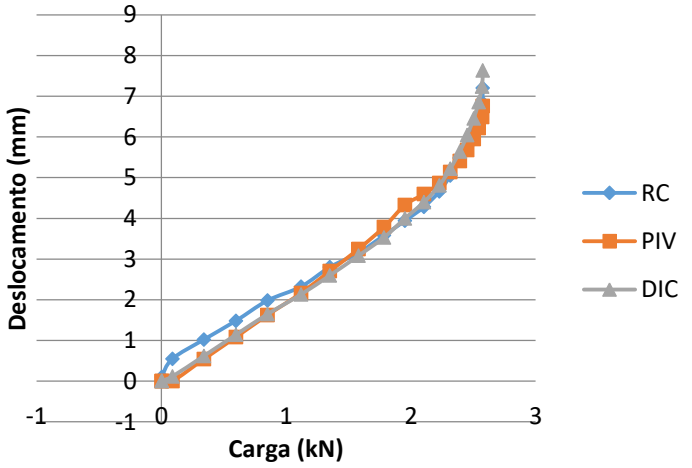


Figura 4. Comparação RC/PIV/DIC região a direita do corpo de prova.

Através da análise dos gráficos é possível observar que os valores de deformações obtidos através das técnicas PIV e DIC estão próximos àqueles obtidos através da metodologia convencional de ensaio para todas as regiões de interesse. Isso evidencia a eficácia das técnicas PIV e DIC para mensurar valores de deformação em corpos sujeitos a carregamentos.

Além disso, é possivel observar que o erro proporcional das técnicas PIV e DIC em relação a técnica dos relógios comparadores é maior em pequenos deslocamentos. Isso faz com que as aplicações das técnicas sejam mais precisas em sistemas com deslocamento relativamente maiores. Para os corpos de prova em estudo o erro proporcional foi maior para deslocamentos menores que um patamar aproximado de 3mm, mas esse valor pode variar de acordo com as propriedades físicas do corpo de prova em análise.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DE MELO, R. R.; SOARES DEL MENEZZI, C. H. Estimativas das propriedades físico-mecânicas de compostos lvl confeccionados com paricá por meio de ultrassom. Ciência Florestal, v. 26, n. 1, 2016.

STACHE, M.; GUETTLER, M.; MARBURG, S. A precise non-destructive damage identification technique of long and slender structures based on modal data. Journal of Sound and Vibration, v. 365, p. 89-101, 2016.

KYLILI, A. et al. Infrared thermography (IRT) applications for building diagnostics: A review. Applied Energy, v. 134, p. 531-549, 2014.

GAO, G. et al. Application of digital image correlation (DIC) in dynamic notched semi-circular bend (NSCB) tests. Experimental Mechanics, v. 55, n. 1, p. 95-104, 2015.

CHATELLIER, L. et al. A parametric PIV/DIC method for the measurement of free surface flows. Experiments in fluids, v. 54, n. 3, p. 1488, 2013.

SOUZA, T. M. et al. Non-destructive technology associating PIV and Sunset laser to create wood deformation maps and predict failure. Biosystems engineering, v. 126, p. 109-116, 2014.

ABRANTES, J. K.; DE PAULA, I. B.; AZEVEDO, L. F. A.. Medição de escoamentos turbulentos utilizando velocimetria por imagem de partículas. Capítulo, v. 5, p. 133-209, 2012.

5. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

ESTUDO FLUIDODINÂMICO COMPUTACIONAL (CFD) APLICADO À AERODINÂMICA E AO ARREFECIMENTO DE ROBÔ DE COMBATE

[1]**Campos, Flávia Roberta Vale** (flaviaroberta@engautomacao.ufla.br), [2]**Damasceno, Flávio Alves** (flavio.damasceno@deg.ufla.br), [3]**Oliveira, Carlos Eduardo Alves** (carlos.oliveira@engagricola.ufla.br)

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: Desde a criação dos primeiros modelos de robôs de combate motorizados, percebeu-se a importância de se estudar a aerodinâmica destes. A análise da aerodinâmica neste tipo de robôs atinge diretamente seu desempenho, influenciando a sua velocidade, eficiência, e também o arrefecimento do compartimento do motor. A Fluidodinâmica Computacional (CFD) é uma técnica prática e confiável de se fazer simulações, onde ao se utilizar essa ferramenta, dispensa-se grande quantidade de testes experimentais. Objetivou-se com o presente trabalho, validar um modelo computacional em mecânica dos fluidos computacional (CFD) para a predição da temperatura e velocidade do ar em robôs de combates, visando melhorias na dissipação de calor dos motores. Para tanto, o projeto foi dividido em três etapas. Na primeira, foi realizada uma avaliação das características aerodinâmicas do robô de combate. Na segunda, avaliou-se as condições operacionais e aerodinâmicas de um túnel de vento. E na terceira etapa, desenvolveu-se e testou-se um modelo computacional tridimensional do robô de combate. Portanto, concluiu-se que o proposto modelo computacional pode ser utilizado como uma ferramenta útil para o desenvolvimento de dipositivos e seleção de sistemas para distribuição de calor em robôs de combate.

Palavras Chave: Fluidodinâmica Computacional; Túneis de Vento; Modelagem Computacional.

COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC STUDY (CFD) APPLIED TO AERODYNAMICS AND COOLING OF COMBAT ROBOT

ABSTRACT: Since the first models of motorized combat robot, it was realized the importance of studying the aerodynamics. The analysis of aerodynamics in this type of robot directly affects the performance, speed, efficiency, and also the cooling of the engine compartment. Computational Fluid Dynamics (CFD) is a practical and reliable technique to make simulations, dispensing a lot of tests of experimental tests. The objective of this study was to validate a computational model in computational fluid mechanics (CFD) for the prediction of temperature and air velocity of a competition robot, aiming at improvements in the heat dissipation of the engines. Thus, the study was divided into three stages: a) In the first, an evaluation of the aerodynamic characteristics of the combat robot was carried out; b) In the second, the operational and aerodynamic conditions of a wind tunnel were evaluated; c) and finally, a 3D computational model of the combat robot was developed and tested. Therefore, it was concluded that the proposed computational model can be used as a useful tool for the development of devices and selection of systems for heat distribution in combat robot.

Keywords: Computational Fluid Dynamics; Wind Tunnels; Computational modeling.

1. INTRODUÇÃO

A história da guerra de robô de combate não possui muitos registros oficiais. A primeira competição surgiu em 1994, inspirada no filme Star Wars, na Robot Wars. (ROBOGAMES, 2017). No Brasil, o combate de robôs surge em 2001 na Unicamp. Em 2002 a competição vincula-se ao ENECA (Encontro Nacional de Estudantes de Controle e Automação), organizadas com base nas regras da RFL pela liga Guerra de Robôs que mais tarde torna-se a RoboCore. (MEGGIALARO et al., 2006).

Nas competições, os robôs de combate se enfrentam com o objetivo de destruir o oponente através de um combate que acontece numa arena isolada e cada robô é controlado por controle remoto. Normalmente, o combate exige muita potência do equipamento. Ao final o desgaste das peças é elevado e a temperatura interna do robô pode passar facilmente dos 100°C, podendo danificar motores e circuitos elétricos. Diante disto, existe a necessidade no desenvolvimento de mecanismos que possam dissipar o calor interno.

A dinâmica dos fluidos computacionais (CFD) tem potencial para quantificar, de forma eficaz e precisa, as variáveis térmicas no interior exterior dos robôs de combate. Desta forma, objetivou-se com o presente trabalho é validar um modelo computacional em mecânica dos fluidos computacional (CFD) para a predição da temperatura e velocidade do ar de um robô de combate, visando melhorias na dissipação de calor dos motores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no laboratório de Construções Rurais e Ambiência da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil.

2.1 Características do robô de combate

Neste estudo, utilizou-se um robô de combate modelo Drum de 13,4 kg, batizado de Pégasus e desenvolvido para atuar em competições de combate na categoria *Featherweight* de até 13,6 kg. A estrutura do robô de combate utilizado neste estudo foi composta majoritariamente por alumínio 7050 por apresentar excelente usinagem e estabilidade, assim como dureza e elevada resistência. O sistema de locomoção do robô foi composto por duas rodas e dois motores. Foram utilizados motores DeWalt 18V New Style. Cada motor é acoplado a uma caixa redução RC-DWNS, que é fixada à base do robô por parafusos, e reduz a taxa de giro na proporção de 17:1. As rodas de borracha, Colson Performa 4 x 1¼, eram ligadas à saída da caixa de redução por meio de uma chaveta de aço, que transmitia o movimento de seu eixo.

2.2 Caracterização do túnel de vento climatizado

Para realização dos testes experimentais foi utilizado um túnel de vento climatizado (0,8 x 5,0 m), feitos de placas de aço e tubos de PVC. Nestes túneis, a velocidade do ar era controlada manualmente através de potenciômetros conectados a ventiladores de exaustão de 0,40 m de largura e fluxo máximo de 4200 $m^3 h^{-1}$. A área atribuída ao veículo de combate (0,60 x 0,40 m e 0,40 m de altura) foi coberta com filme plástico altamente transparente para permitir a captura de imagens digitais e termográficas. Maiores detalhes sobre os túneis de vento climatizados podem ser observados em SCHIASSI et al. (2014).

Para reduzir a turbulência do fluxo do ar na seção de teste do túnel de vento, garantindo um fluxo laminar, foi construído dois painéis de pequenos tubos plásticos colados. Cada painel tinha as dimensões de 0,4 x 0,8 m e era preso a dois suportes de madeira. Para a melhor eficiência, o comprimento do tubo plástico foi 6 vezes o diâmetro dos tubos, conforme recomendado por RAE e POPE (1984). Para garantir uma melhor visualização do

efeito aerodinâmico sobre a superfície do veículo de combate, desenvolveu-se um sistema injetor de fumaça composto por um mini compressor (Schulz, mod. Jet Fácil de 40 lb), tubos plásticos, recipiente de queima e bomba de fumaça (branca). Uma série de imagens digitais foram feitas para que melhor se observasse o efeito aerodinâmico sobre a superfície do veículo de combate.

2.3 Medição e instrumentação

As temperaturas superficiais (T_s) do robô de combate foram registradas utilizando uma câmera termográfica (Instrutemp®, mod. ITTMV-100 e precisão de ± 2% na leitura). Foram obtidas imagens termográficas cobrindo toda a extensão do robô. As temperaturas superficiais foram registradas com o robô desligado e após uma simulação de combate durante 10 minutos. As imagens foram processadas usando o software da própria câmera, a partir de pontos selecionados aleatoriamente sobre a superfície do veículo. A emissividade adotada foi de 0,95. A temperatura (T_{ar}) e velocidade do ar (V_{ar}) foram medida manualmente por meio de um anemômetro de fio-quente (Testo®, mod. 416 e resolução de 0,1 m/s) posicionado numa malha regular com nove pontos no interior do túnel de vento climatizado. Para melhor localização exata dos pontos, a malha foi confeccionada utilizando fio de cobre (1,0 mm) e posicionada 40 cm a frente do veículo de combate.

2.4 Modelagem numérica

As taxas de ventilação estão associadas a fluxos turbulentos e quando combinados com as taxas de transferência de calor geram interações de difíceis resoluções, principalmente por um método que não seja computacional. Assim, a técnica de CFD utilizada neste estudo foi realizada por meio da solução para o número de Reynolds médio formado nas equações de Navier – Stokes, discretizando o campo do fluxo e baseado na técnica de volumes finitos.

O modelo que descreve o escoamento fluido não isotérmico é descrito por meio das equações da continuidade, momento e energia, simplificadas a seguir (AHMADI & HASHEMABADI, 2008), onde: ρ é a densidade (kg m^{-3}); U é o vetor velocidade; p é a pressão (N m^{-2}); μ é viscosidade dinâmica do fluido (kg $m^{-1}s^{-1}$); T é a transposição do tensor; k é a condutividade térmica (W m^{-1} K^{-1}); cp é o calor específico (W kg^{-1} K^{-1}) e Q é o termo fonte (W m^{-3}).

$$\nabla.(\rho U) = 0 \tag{1}$$

$$\nabla.(\rho UU) = \nabla p + \left[\mu_\tau (\nabla U + \nabla U^T \right] \tag{2}$$

$$\nabla.(-k\nabla T + \rho C_p TU) = Q \tag{3}$$

O escoamento turbulento foi modelado por meio do modelo k-ε padrão, que avalia a viscosidade (μ_t) a partir de uma relação entre a energia cinética turbulenta (k) e a dissipação da energia cinética turbulenta (ε).

$$\mu_\tau = C_\mu \rho \frac{\kappa^2}{s} \tag{4}$$

2.5 Condições de contorno

A etapa inicial da simulação em CFD consiste na definição do domínio de cálculo, ou seja, define-se a geometria na qual pretende se aplicar a resolução numérica das equações que descrevem os fenômenos a serem investigados. Assim, todos os resultados de simulações do presente trabalho foram obtidos a partir da utilização do pacote ANSYS em

sua respectiva interface Rhinoceros 5.0. O software e a licença acadêmica temporária do pacote ANSYS é propriedade do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras.

Devido à complexidade da geometria, optou-se pela utilização do software ANSYS ICEM CFD para a construção de uma malha computacional tetraédrica. Foram realizados testes de malha para averiguar a viabilidade de cada malha e foram analisados diferentes níveis de refinamento, com a finalidade de verificar o seu efeito sobre os gradientes em nível espacial e temporal. Em seguida, foi desenvolvido um modelo computacional utilizando a CFD, implementado no programa comercial CFX® (ANSYS Inc, 2007), versão 14. As distribuições de velocidade do ar e da temperatura de entrada e saída no túnel de vento foram determinadas por meio deste modelo computacional. As amostras foram modeladas no software ANSYS CFX e a partir da modelagem dos ensaios foi possível analisar o comportamento do fluxo de ar quando submetidas a 3 diferentes velocidades do ar de entrada no túnel e de 3 diferentes temperaturas na superficiais, conforme apresentado na Tabela 1. Os valores de velocidade do ar e temperatura superficial no robô de combate foram selecionados por meio de valores mínimos e máximos coletados por imagens térmicas em laboratório.

Tabela 1. Tratamentos testados na simulação computacional.

Tratamentos	Velocidade (m/s)	Temperatura (°C)
A	0,1	50 75 100
B	1,0	50 75 100
C	3,0	50 75 100

Para a realização da simulação no modelo computacional, adotou-se as seguintes premissas: regime permanente; escoamento monofásico (fluido: ar); condição com energia térmica; escoamento incompressível; regime turbulento. Foi adotado um resíduo médio dos sistemas lineares (RMS, Root Mean Square) menor do que 10^{-4} como critério de convergência, com 1000 interações.

As dimensões internas e condições de operação do túnel de vento com o robô de combate situado internamente foram usadas para gerar o modelo em CFD. Assim, os valores medidos na fase experimental foram usados nas condições de contorno no modelo. Após as simulações computacionais, um novo modelo foi proposto do robô de combate com um dissipador de aletas acoplado foi desenhado próxima a superfície mais quente do modelo com intenção de melhor distribuir o calor, evitando assim que os componentes internos do carro de combate fossem danificados. Os tratamentos testados presentes na Tabela 1 no modelo computacional sem aletas também foram repetidas no modelo computacional com aletas.

Os resultados do modelo CFD foram verificados e comparados com os correspondentes dados obtidos experimentalmente. A concordância entre os valores medidos e descritos pelo modelo CFD, foram avaliados calculando-se a média quadrada do erro normalizado (NMSE) recomendado pela ASTM (2002), e para isso foram tomadas uma amostra de 45 dados experimentais. Quando se tem muita concordância entre o valor medido e o valor predito, o NMSE tem valor igual a 0. Os valores menores de 0,25 de NMSE são aceitos como bons indicadores de concordância. Modelos NMSE tem sido utilizado para verificar e validar vários estudos com simulações computacionais em CFD (OSÓRIO et al., 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Testes com diferentes tamanhos de malhas foram realizados até que não houvessem diferenças significativas entre os dados medidos e simulados ($p < 0.05$). Como resultado, uma malha de 490.193 elementos tetraédricos, para o qual se obteve um sistema composto por 86.141 nós. O número de Reynolds para o problema proposto foi de $5.522\ 10^4$, o que indicou um escoamento turbulento no interior do túnel de vento.

Para validar o modelo computacional, uma comparação dos dados descritos pelo modelo CFD desenvolvido e os dados experimentais mostram que os valores médios de temperatura superficial e velocidade do ar não diferem significativamente entre os valores experimentais e os valores do modelo, apresentando uma média quadrada do erro normalizado (NMSE) de 0,02 e 0,23, respectivamente. Isto indica haver uma boa concordância entre os resultados, conclui-se que o modelo em CFD pode ser usado para predizer o comportamento médio da temperatura e velocidade do ar ao longo do duto de distribuição de calor. Por meio de análise estatística preliminar verificou-se que não existe diferença significativa entre os valores de temperatura superficial (teste t, P = 0,100) do robô de combate, resultando em um valor de coeficiente de determinação (r^2) de 0,8845. A expressão ajustada é estatisticamente significativa (teste F, P=0,1881), proporcionando erro médio de $43,6 \pm 3,8$°C.

Para a simulação computacional, os testes foram feitos com diferentes velocidades do ar (0,1, 1,0 e 3,0 m/s) de entrada no túnel de vento e temperatura superficial (50, 75 e 100°C). A Figura 1 apresenta o resultado experimentais do modelo computacional sem (Figura 1a e 1b) e com (Figura 1c e 1d) o dissipador de calor para velocidade do ar de 3,0 m/s e temperatura superficial de 100ºC. Pode-se observar que a temperatura superficial quase não sofreu uma dissipação, principalmente próximo a região do motor (Figura 1a), devido aos baixos valores de velocidade do ar sobre a superfície do robô, comprovando a necessidade de desenvolver um dispositivo para dissipar melhor o calor.

O comportamento da velocidade do ar simulada no interior do túnel de vento, logo após passar pelo robô, apresentou um valor médio de 1,33 m s^{-1}, não diferindo significamente pelo teste t (P<0,0001) do valor médio experimental que foi de 1,08 m s^{-1}. A equação ajustada foi estatisticamente significativa (teste F, P<0,0001), com r^2 de 0,8271.

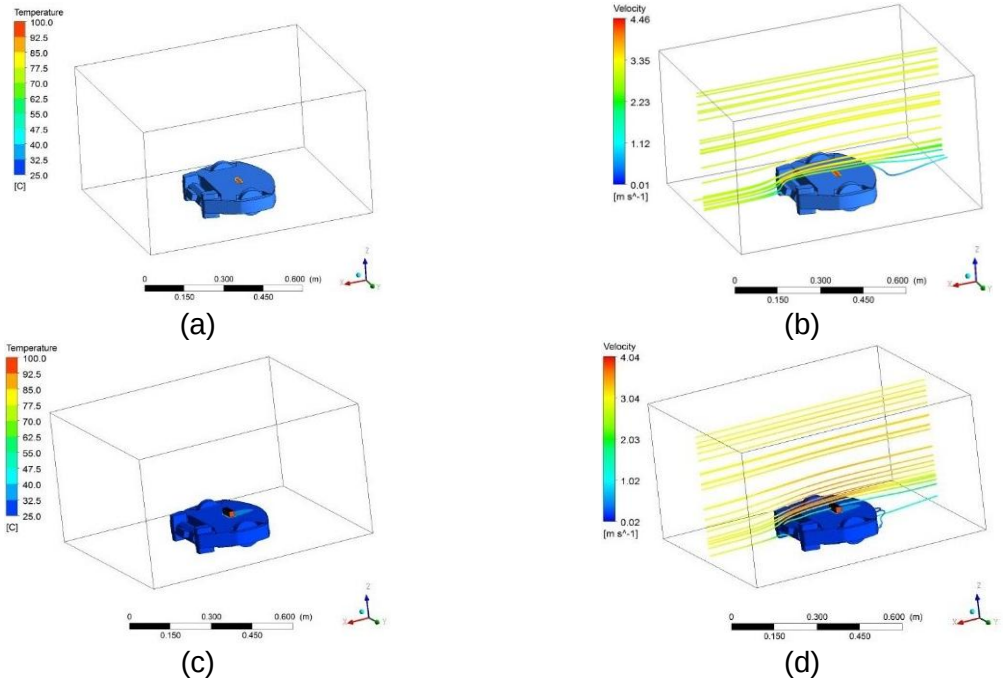


Figura 1. Distribuição da temperatura superficial e comportamento da velocidade do ar no interior do túnel de vento e sobre a superfície do robô de combate sem (a) e (b) e com (c) e (d) o dispositivo dissipador de calor.

Diante dos resultados apresentados anteriormente, realizou-se simulações do robô de combate com um dispositivo dissipador de calor acoplado sobre a região mais quente. Assim, pode-se perceber que as aletas distribuíram melhor a temperatura superficial proporcionando maior segurança as partes internas do robô, evitando maiores danos os circuitos eletrônicos.

Conforme pode ser observado pela Figura 1c, o dispositivo dissipador de calor não apresentou grande variação na velocidade do ar, sendo que o comportamento do fluxo de ar foi basicamente o mesmo. No geral, valores de velocidade do ar foram ligeiramente maiores próximo a superfície do dissipador de calor. Em relação a temperatura superficial, o dispositivo dissipador de calor promoveu uma redução média de 15,2°C para velocidade do ar de 0,1 m/s (Figura 1c). Para velocidade do ar de 1,0 m/s, a redução média foi de 24,1°C (Figura 1d). Maiores valores de redução média da temperatura superficial (30,4°C) foram observados quando a velocidade do ar foi de 3,0 m/s.

4. CONCLUSÕES

O modelo computacional proposto em CFD apresenta uma boa correlação com os dados experimentais, podendo ser usado para predizer em tempo real, o comportamento da distribuição da temperatura superficial e comportamento da velocidade do ar em robôs de combate. Portanto, este modelo computacional pode ser utilizado como uma ferramenta útil para testar novos modelos, podendo auxiliar o engenheiro na tomada de decisão.

Ademais, o modelo CFD representou claramente o efeito da distribuição da temperatura superficial e o comportamento da velocidade do ar. Deste modo, com base nos resultados apresentados neste estudo, observou-se a necessidade no desenvolvimento de um sistema de distribuição de calor.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMADI A.H.; HASHEMABADI, S.H. 3D CFD simulation and experimental validation of particle-to-fluid heat transfer in a randomly packed bed of cylindrical particles. **International Communications in Heat and Mass Transfer**, v. 35, p. 1183-1189, 2008.

ASTM. 2002. Guide for statistical evaluation of indoor air quality models (D5157-97). **In ASTM Standards on Indoor Air quality**, 2nd edition. pp. 68-71. West Conshohocken, Pa.: American Society for Testing Materials

MEGGIOLARO, M. A.; MAIMON, F.; SCOFANO, F. S.; SOARES, B. F. F. **Tutorial em Robôs de Combate**. Disponível em: <http://www.robot.bmstu.ru>. Acesso em 31 out.2017.

OSÓRIO, J. A. S.; ROCHA, K. S. O. ; DAMASCENO, F. A. ; HERNANDEZ, R. O. ; TOBON, J. C. A. A CFD approach to assess the effects of different opening combinations in poultry houses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 852-857, 2017.

RAE, W. H. and Pope. A., **Low-Speed Wind**, 1984.

SCHIASSI, L. ; YANAGI JUNIOR, T.; ABREU, L. H. P.; REIS, G. M.; DAMASCENO, F. A. ; SILVA, G. C. A. E. ; CAMPOS, A. T. Laboratory Proposal for Studies on Poultry Environment. **International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)**, v. 4, p. 65-74, 2014.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

DETECÇÃO DE FALHAS ESTRUTURAIS EM VIGA COM UTILIZAÇÃO DE EOS

[1]**Pinto, Andrey W. M.** (andrey.marques96@gmail.com), [1]**Borges, Fernando E. M.** (fernandoelias-mb@outlook.com), [1]**Ferreira, Danton D.** (danton@deg.ufla.br), [1]**Pereira, Daniel A.** (danielpereira@deg.ufla.br), [2]**Barbosa, Tássio S.** (tassiospuri@gmail.com)

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

[2]**Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais –** Unidade Nepomuceno
Unidade Nepomuceno, Nepomuceno, Minas Gerais, Cep 37250-000

RESUMO: Neste artigo é proposto um método de detecção de falhas ou danos estruturais usando Estatística de Ordem Superior (EOS). A partir de sinais de vibração medidos por um acelerômetro, características são extraídas por cumulantes e selecionadas com o Discriminante de Fischer. Posteriormente é realizada a classificação com o auxílio de Máquinas de Vetores de Suporte, objetivando-se determinar a presença ou não de falhas na estrutura. O método apresenta alta taxa de detecção. Vantagens apresentadas são o baixo custo computacional e a não exigência de informações sobre a estrutura danificada.

Palavras Chave: Reconhecimento de Padrões; EOS; Análise de Vibrações ; Monitoramento da Saúde Estrutural.

STRUCTURE FAIL DETECTION IN BEAMS WITH THE USE OF EOS

ABSTRACT: In this article, it is proposed a method for detection of structural faults or damages using Higher-Order Statistics (HOS). Taking vibration signals measured using an accelerometer, characteristics are extracted by cumulants and selected with the Fischer's Discriminant. Subsequently, the classification is carried out with the aid of Supporting Vector Machines, aiming to determine the presence or not of faults in the structure. The method was experimentally tested in a cantilever beam, providing high detection rates. Advantages presented are low computational cost and no requirement of information about the damaged structure.

Keywords: Pattern Recognition; HOS; Vibration Analysis; Structural Health Monitoring.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, muito se discute sobre a entrada em uma nova era de desenvolvimento tecnológico traduzida no conceito de indústria 4.0, segundo THOBEN et al: (2017), onde à intensificação do emprego da automação e caracterização do ambiente fabril está cada vez mais dominado por máquinas interconectadas e autônomas. No entanto, as máquinas continuam suscetíveis a falhas, que implicam em sérios riscos à saúde e à segurança, além de prejuízos financeiros e ao meio ambiente.

Para evitar ou minimizar tais falhas, devem ser aplicadas práticas de manutenção preventiva e preditiva, esta última também conhecida como manutenção baseada na condição, LIAO e WANG (2013). Há diversas abordagens quanto a isso como descrito por FARRAR e WORDEN (2012), como Monitoramento da Saúde Estrutural, que há tempos, vem sendo abordado de maneira significativa. No presente artigo é proposta uma metodologia de detecção de falhas baseada na análise de vibrações, com o uso de Máquinas de Vetor de Suporte (MVS), como classificador dos sinais. O método de Máquinas de Vetor de Suporte (SVM – *Support Vector Machine*) usado é de configuração *one-class*, SCHÖLKOPF et al: (2001) e THEODORIDIS e KOUTROUMBAS (2009).

2. METODOLOGIA PROPOSTA

O método proposto será aplicado em uma viga engastada. Para a aquisição de dados de vibração será utilizado um sensor acelerômetro (tendo antes um filtro *anti-aliasing*) controlado por um microcontrolador ARDUINO®. Primeiramente, será realizada uma coleta de dados com a estrutura sem falha. Logo em seguida ocorrerá uma segunda etapa de testes, com a introdução de falha, caracterizada por um corte retangular transversal. Após ambas as coletas serão realizados os testes com o detector de falhas. Para extração de características, será usada a técnica de Estatísticas de Ordem Superior (EOS). Já para a seleção de características, será utilizado o Discriminante Linear de Fisher (FDR), que selecionará os parâmetros mais relevantes para a detecção, método bem executado por BARBOSA et al: (2016). E, por fim, para classificação dos sinais, serão utilizadas as máquinas de vetor de suporte (SVM). O método proposto compreende três etapas que são descritas nas seções seguintes.

2.1. AQUISIÇÃO DE SINAIS

Os testes em bancada foram realizados no Laboratório de Controle da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O material analisado foi uma viga de alumínio, com dimensões 330 mm de comprimento, 35 mm de largura e 2 mm de espessura. Para a indução de vibrações na viga, usou-se um motor de corrente contínua (CC) de 24 mm de diâmetro por 12 mm de comprimento na base e um eixo de 2 mm de diâmetro por 10 mm de comprimento; comprimento total 22 mm; Massa: 21,0 g; e uma variação de frequência máxima de até 90Hz.

Na captação das vibrações foi usado um acelerômetro de três eixos modelo MMA7361, com dimensões de 27,9 mm x 18,6 mm; Frequência de *Bandwidth* média no eixo X e Y de 400Hz e no eixo Z de 300Hz; Massa: 2.5g; *Power Spectral Density* RMS (0.1 Hz – 1kHz).

No controle mútuo do acelerômetro e do motor, utilizou-se o microcontrolador ARDUINO® modelo MEGA 2560. Um filtro passa-baixas com frequência de corte de 100Hz (*anti-aliasing*) foi utilizado. Para a realização da aquisição de sinais, o microcontrolador foi conectado a um computador e os dados foram arquivados.

Para a realização dos testes, a viga teve uma extremidade fixada por um suporte e a outra livre (situação de engaste em balanço), sendo o motor fixado com uma fita dupla face

adesiva, próximo à extremidade fixa. Na outra extremidade livre da viga, o acelerômetro fora fixado, usando também uma fita, como é visto na Figura 1 e 3. Houve a utilização de motor com velocidade ajustável, com a função de excitar a viga em uma gama variada de frequências. Para isso foi feito um controle automático programado no ARDUINO®, em que a velocidade do motor foi variada de zero à máxima velocidade (com frequência em torno de 90Hz) e em seguida retornando da máxima velocidade a zero de forma gradativa e contínua.

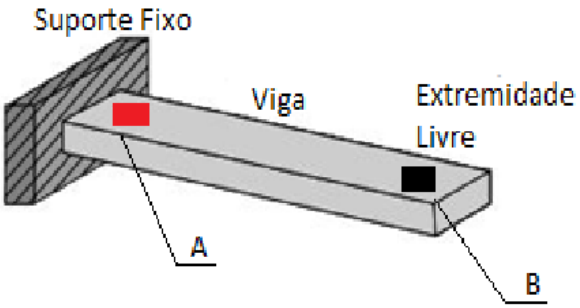


Fig. 1. Esquema da coleta: ”A” onde o motor é acoplado e ”B” onde o sensor é fixado

Foram realizadas 10 aquisições de sinais em uma viga sem falhas. Cada aquisição teve duração de 2 minutos e os sinais foram coletados com um intervalo de tempo entre uma amostra e outra de 0,005 segundos, o que gera um total de 24.000 amostras em cada sinal.

Em seguida, foi introduzida uma falha na viga, um corte de 1 mm de comprimento por 10 mm de largura, como pode ser visto na Figura 2, e novamente foram realizadas 10 aquisições de sinais com a viga sendo excitada pelo motor CC sob as mesmas condições do experimento realizado com a viga sem falha.

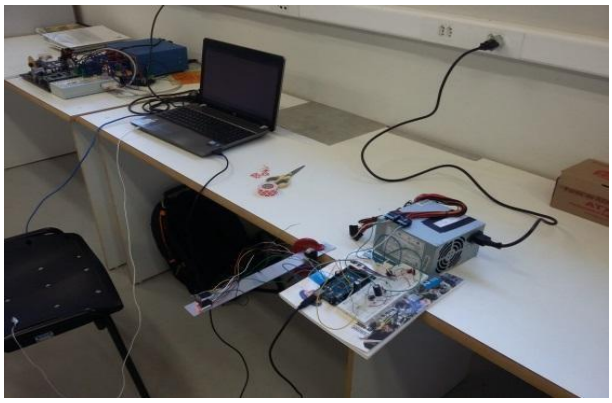


Fig. 2 e 3. Demonstração de uma placa sem e com falha (esquerda) e o experimento completo (direita).

2.2. EXTRAÇÃO DE PARÂMETROS

A Extração de Parâmetros de EOS, foi realizada através do cálculo dos cumulantes de segunda, terceira e quarta ordens. As expressões matemáticas para esses cumulantes de um sinal aleatório x[n], quando E{x[n]} = 0, são MENDEL (1991):

$$C_{2,x}[i] = E\{x[n]x[n+i]\}, \quad (1)$$

$$C_{3,x}[i] = E\{x[n]x^2[n+i]\}, \quad (2)$$

$$C_{4,x}[i] = E\{x[n]x^3[n+i]\} - 3C_{2,x}[i]C_{2,x}[0], \quad (3)$$

2.3. SELEÇAO DE CARACTERÍSTICAS E PROJETO DE CLASSIFICADOR

Os parâmetros de EOS e a quantidade destes, podem ser escolhidos de forma a haver um melhor compromisso entre baixo custo computacional e desempenho. Com o propósito de selecionar os cumulantes mais representativos para o problema de detecção de falhas em viga, o Discriminante Linear de Fisher (FDR - *Fisher's Discriminant Ratio*) foi utilizado, apresentado em DUDA et al: (2000). Sua função custo é:

$$\boldsymbol{J_c} = \left(\boldsymbol{\mu_i}\text{-}\boldsymbol{\mu_j}\right)^2 \circ \left(\frac{1}{\boldsymbol{\sigma_i^2}+\boldsymbol{\sigma_j^2}}\right) \quad (4)$$

Onde: $\boldsymbol{\mu_i}$ e $\boldsymbol{\mu_j}$, e $\boldsymbol{\sigma_i}$ e $\boldsymbol{\sigma_j}$ são os vetores de médias e variâncias das características extraídas das classes *i* e *j*, respectivamente. O símbolo "∘" é o produto de Hadamard. Dessa forma, os valores maiores do vetor "$\boldsymbol{J_c}$", indicarão as características mais relevantes para a separação entre as classes *i* e *j*, pois apresentam as maiores distâncias entre classes e as menores medidas intra-classes.

O objetivo do SVM é encontrar um hiperplano que divide tais classes, de tal forma que todos os pontos com as mesmas características estejam do mesmo lado do hiperplano, enquanto maximiza a distância entre as duas classes do hiperplano, VAPNIK (1998). Neste trabalho, utilizou-se a versão *one-class learning* do SVM, desenvolvida por SCHÖLKOPF et al: (2001). A equação que demostra o problema dual, cujo objetivo é minimizá-la é descrita a seguir:

$$0.5 \sum_{jk} \alpha_j \alpha_k G(x_j, x_k) \quad (5)$$

3. RESULTADOS

A Figura 4, mostra respectivamente, os sinais de vibração de uma viga sem falha e o de uma viga com falha, coletados conforme descrito na seção II. Observa-se em ambos os sinais, à característica de aceleração e desaceleração do motor CC.

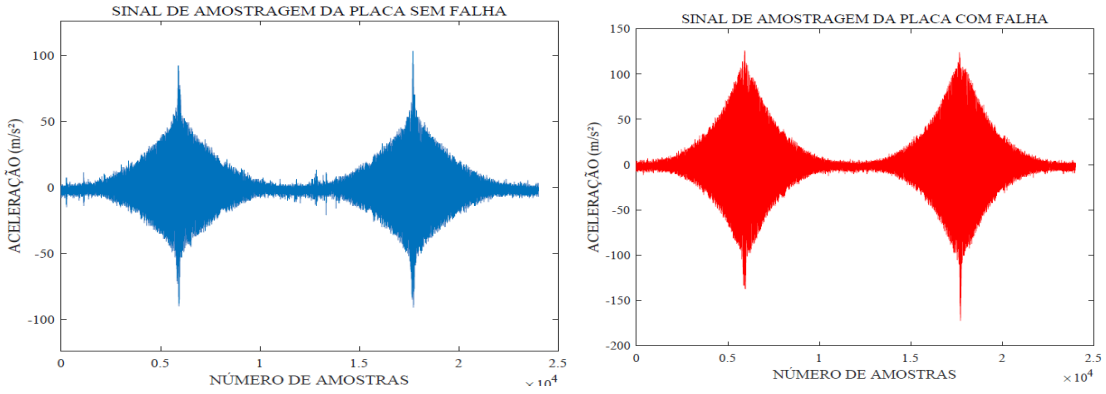


Fig. 4. Coleta do sinal de vibração da viga com e sem falha.

Cada sinal de vibração coletado, contendo um total de 24.000 amostras, foi particionado em dois de 12.000 amostras, resultando em um total de 20 eventos para cada classe (viga com falha e viga sem falha). Os dados referentes à viga sem falha foram divididos em treino (12 eventos) e teste (8 eventos).

Após a amostragem foram selecionados os melhores parâmetros com o uso do FDR. A Figura 5 mostra o FDR obtido para cada parâmetro. Os primeiros 12.000 parâmetros são referentes aos cumulantes de segunda ordem, os próximos 12.000 aos de terceira ordem e os últimos 12.000 aos de quarta ordem. Observe que os cumulantes de terceira ordem mostraram-se mais representativos, com valores de J_c mais expressivos. A fim de reduzir a dimensão dos dados foram escolhidos apenas dois parâmetros, aqueles com "Jc" mais elevado. Estes parâmetros foram então apresentados ao classificador.

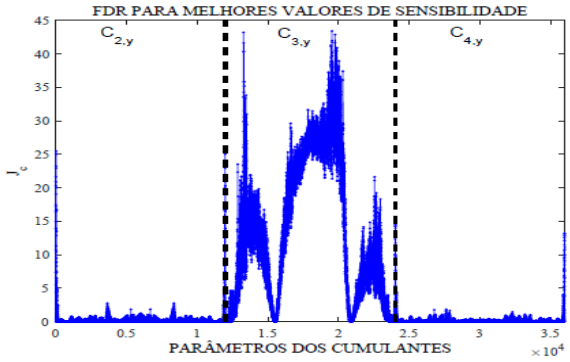


Fig. 5. FDR obtido para o vetor de parâmetros durante os testes com a viga.

Após o projeto e a execução do classificador foi observada uma eficiência de 100% do método, conforme mostra a Figura 6, que é uma representação do espaço de parâmetros construído pelos dois cumulantes de terceira ordem mais relevantes. A região cinza representa a região fechada construída pelo SVM tal que eventos dentro dela são classificados como sem falha e os eventos fora dela como com falha. Observe que há uma separação linear nítida entre os eventos com falha e sem falha. Importante observar também que os eventos sem falha do conjunto de teste foram corretamente classificados mostrando a generalização do método, o que também comprova a capacidade de repetibilidade do experimento montado.

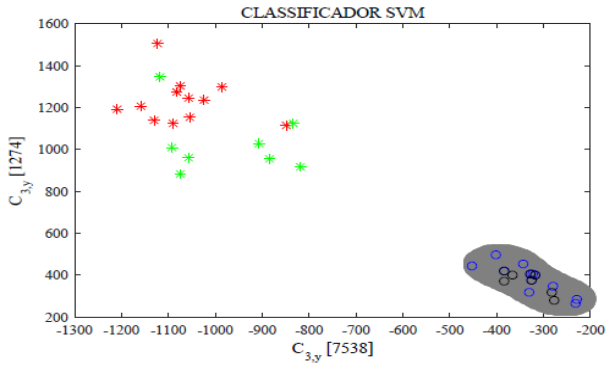


Fig. 6. Espaço de parâmetros e fronteira de decisão do classificador (região cinza)

4. DISCUSSÃO

Observando os resultados obtidos e os gráficos mostrados anteriormente podem-se destacar alguns pontos importantes. Primeiro, o uso do FDR faz com que a distância entre as classes seja maximizada de maneira bastante simples, tanto no sentido matemático (sendo as equações do FDR as mais simples, se comparadas com outras equações que possuem a mesma função), quanto computacionalmente (o algoritmo é executado apenas na fase de treinamento). Segundo, o uso do SVM não supervisionado faz com que não seja

necessário o conhecimento específico das falhas nem a realização de ensaios para se obter dados referentes à viga com falha, o que facilita bastante o projeto do método.

Avaliando os custos computacionais, o procedimento requer pouco processamento, pois o treino do detector é realizado somente uma vez, já os demais testes, levam pouco tempo para serem realizados porque são utilizados apenas dois parâmetros para a detecção. Outro ponto a ser destacado é que o método não fez uso de algum pré-processamento específico para remoção ou redução de ruídos provenientes do processo de aquisição de sinais, a não ser o filtro *anti-aliasing*. Isso mostra a boa capacidade das EOS de extrair informações relevantes de sinais de vibração.

5. CONCLUSÃO

O método proposto foi capaz de detectar, em testes experimentais, a falha estrutural em uma estrutura vibratória do tipo viga em balanço.

O uso das EOS e a seleção de parâmetros com o FDR permitiu a redução do número de dimensões para classificação para apenas dois parâmetros extraídos das EOS, gerando uma separação linear entre as classes com e sem falha.

Tal resultado condiz com o objetivo deste trabalho, com um método de alta eficiência e baixo custo de instalação. Esta técnica pode ser empregada para auxiliar numa melhor tomada de decisão acerca de uma troca de componentes de máquina, otimizando assim a vida estrutural das peças, reduzindo custos no processo de produção e aumentando a segurança nos mesmos.

Pontos de destaque foram principalmente no quesito eficiência do método e baixos custos operacionais e computacionais. Para projetos futuros, espera-se propor uma abordagem que mensure o nível de falha, classificando a sua gravidade, além de indicar a sua localização na estrutura.

6. AGRADECIMENTOS

A Pró Reitoria de Pesquisa (PRP) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao CNPq, à CAPES e à FAPEMIG pelo suporte financeiro.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, T.S. et al., "Fault Detection and Classification in Cantilever Beams Through Vibration Signal Analysis and Higher-Order Statistics.", **Journal of Control, Automation and Electrical Systems 27.5.** pp. 535-541, 2016.

DUDA, R.O.; HART P.E.; STORK, D.G. **Pattern classification.** Wiley-Interscience, 2000.

FARRAR, C.; WORDEN, K. **Structural Health Monitoring**, John Wiley and Sons ltd, 2012.

LIAO, W.; WANG, Y. “Data-driven machinery prognostics approach using in a predictive maintenance mode”, **Journal of Computers 8(1),** pp. 225–231, 2013.

MENDEL, J. “Tutorial on higher-order statistics (spectra) in signal processing and system theory: theoretical results and some applications”, **Proceedings of the IEEE, 79(3),** pp. 278–305, 1991.

SCHÖLKOPF, B.; PLATT, J.C.; SHAWE-TAYLOR, J.; SMOLA A.J.; WILLIAMSON, R.C. **Neural computation, Estimating the support of a high-dimensional distribution**, 2001.

THEODORIDIS, S.; KOUTROUMBAS, K.; **Pattern recognition.** 4 edn, Academic Press, 2009.

THOBEN, K.D. WIESNER, S.; WUEST, T. “Industrie 4.0 and Smart Manufacturing – A Review of Research Issues and Application Examples.”, **International Journal of Automation Technology**, v.11, 2017.

VAPNIK, V. **Statistical Learning Theory**, John Wiley & Sons, 1998.

8. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

APLICAÇÃO DE ESTATÍSTICAS DE ORDEM SUPERIOR E MÁQUINAS DE VETOR DE SUPORTE PARA DETECÇÃO DE FALHAS EM UM MOTOR DE INDUÇÃO

[1]Borges, Fernando E.M. (fernandoelias-mb@outlook.com), **[1]Pinto, Andrey W.M.** (andrey.marques96@gmail.com), **[1]Ribeiro, Diogo A.** (diogoaranhavga@gmail.com), **[2]Barbosa, Tássio S.** (tassiospuri@gmail.com), **[1]Ferreira, Danton D.** (danton@deg.ufla.br)

[1]Universidade Federal de Lavras- Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Universitário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000
[2]Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais- Campus Nepomuceno
Avenida Monsenhor Luiz de Gonzaga, 103 - Centro - Nepomuceno - MG - Cep 37250-000

RESUMO: Motores elétricos são equipamentos com alta versatilidade, de construção simples e fácil instalação. Sua principal função é a transformação de energia elétrica em mecânica. Por ser um equipamento confiável, de baixo custo e manutenção simples, se tornou uns dos equipamentos mais utilizados industrialmente. Por serem constituídos de peças rotativas e sujeitos a condições adversas de funcionamento, estes estão sujeitos a falhas, sejam elétricas ou mecânicas. Identificar possíveis sinais de falhas permite agir de forma preventiva, evitando maiores prejuízos para essas máquinas. Neste sentido, este trabalho apresenta um método de monitoramento de integridade estrutural (SHM) baseado em análise de vibrações e, consequentemente, manutenção preditiva. Para a coleta de dados, foi utilizado um acelerômetro micromecanizado controlado por um microcontrolador ARDUINO®. Após a aquisição de sinais é realizada a extração de características utilizando estatísticas de ordem superior (EOS), por meio dos cumulantes de segunda, terceira e quarta ordens com atraso nulo. Realizado tal procedimento é feito o projeto do detector utilizando máquinas de vetor de suporte (SVM) do tipo não supervisionado. O método apresentou como características: (1) baixo custo computacional e (2) altas taxas de detecção durante o projeto do método chegando à 100% utilizando sinais reais de um motor de indução.

Palavras Chave: Análise de Vibrações; Monitoramento de Integridade Estrutural; Manutenção Preditiva.

AN APPLICATION OF HIGHER-ORDER STATISTICS AND SUPPORT VECTOR MACHINES TO FAULT DETECTION IN AN INDUCTION MOTOR

ABSTRACT: Electric motors are equipment with high versatility, simple construction and easy installation where its main function is the transformation of electrical energy into mechanics. Being a reliable and low-cost equipment and simple maintenance, has become one of the most used equipment in the industry. For this purpose and due to this great use is subject to failures be they electrical or mechanical. The purpose of this work is to present a method of structural health monitoring (SHM) based in the analysis of vibrations and consequently the predictive maintenance. The data collection process was performed with the aid of a micromachined accelerometer controlled by an ARDUINO® microcontroller. After the acquisition of signals, the extraction of characteristics using higher order statistics (EOS), through second, third and fourth order accumulators with null lag, is performed. Once such a procedure is performed, the design of the detector is performed using unsupervised type of support vector machines (SVM). The method presented as characteristics: (1) low computational cost and (2) high detection rates during the design of the method reaching 100% using real signals of an induction motor.

Keywords: Vibration Analysis; Structural Health Monitoring; Predictive Maintenance.

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia e o ritmo acelerado de desenvolvimento industrial, as indústrias vivem um panorama industrial em suas plantas com menos atividade humana e elevado grau de automação, gerando maior produtividade. Tal contexto é discutido como a implementação de uma nova era industrial, também conhecida como indústria 4.0, como reportado por THOBEN *et al.* (2017), em que a atividade humana é mínima e as máquinas contam com alto nível de tecnologia e sistemas de comunicação entre si embarcados.

Visando garantir que estas operem de maneira a garantir produção de qualidade, segurança nas plantas sem prejuízos ambientais, as empresas se viram forçadas a adotar metodologias diferenciadas partindo da correção para predição de falhas, procedimento conhecido como manutenção baseada na condição de acordo com LIAO e WANG (2013).

Entre as práticas de manutenção, podemos destacar o monitoramento de integridade estrutural (ou, da sigla em inglês, SHM – *Structural Health Monitoring*), tal abordagem utiliza metodologias avançadas de processamento de sinais e reconhecimento de padrões. FARRAR e WORDEN (2012) reportaram em seu trabalho revisões detalhadas de metodologias de SHM baseadas em técnicas de análise de vibrações. Atualmente, se encontra na literatura vários estudos de aplicações do SHM. AVENDANO-VALENCIA e FASSOIS (2014) apresentam uma aplicação de técnicas do SHM para detecção de falhas em turbinas eólicas. MUSTAPHA *et al.* (2015) apresentaram uma metodologia do SHM para detecção de falhas em uma ponte por meio de análise de vibrações e técnicas de reconhecimento de padrões. O SHM também pode ser utilizado não somente para detecção de falhas estruturais em si, há também abordagens do SHM para detecção de falhas em sensores, como reportado por HERNANDEZ-GARCIA e MASRI (2014) onde é utilizada técnica de processamento de sinais (PCA) para detecção de falhas em sensores.

No presente trabalho é proposta uma metodologia para detecção de falhas utilizando estatísticas de ordem superior (EOS ou HOS – *Higher-Order Statistics*). Técnica desenvolvida por MENDEL (1991) para extração de parâmetros. Tal técnica foi abordada por BARBOSA *et al.* (2016) para detecção de falhas em uma viga engastada utilizando as EOS e redes neurais artificiais obtendo resultados de detecção satisfatórios. Para a detecção são utilizadas máquinas de vetor de suporte (SVM – *Support Vector Machines*) descrito por THEODORIDIS e KOUTROUMBAS (2009). Dentro das versões deste, é utilizada a versão *one-class*, desenvolvido por SCHÖLKOPF *et al.* (2001).

2. MÉTODO PROPOSTO

Para implementação do método proposto foi utilizado uma bancada didática de forma a reproduzir de forma confiável o processo realizado na indústria. Seguindo as seguintes etapas: primeiramente é realizada a aquisição de vibração do motor, em seguida é realizada a extração de características utilizando as EOS; e, por fim, é executado o projeto do detector utilizando o SVM. As etapas de extração de características e o projeto do detector são realizadas utilizando o aplicativo computacional MATLAB®. O Projeto do método é exemplificado na figura 1 e detalhado nas subseções abaixo.

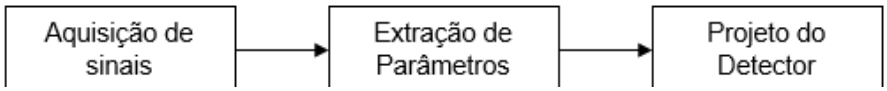


Figura 1. Fluxograma do método proposto.

2.1 Aquisição de sinais:

O procedimento de aquisição de sinais foi realizado no laboratório de eletricidade do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, o motor utilizado no

experimento foi um motor de indução trifásico da marca KOHLBACH®, de rotação de 3.400 RPM, 2 CV de potência e 380 Volts, fixado em uma bancada Didática. O motor foi acionado com partida direta controlado por um disjuntor. Foi utilizada a máxima velocidade de rotação do motor (3400 RPM). A falha a ser detectada no motor foi uma falha no rolamento do mancal traseiro de modelo NSK 6204, onde, primeiramente, foram realizadas coletas com o rolamento sem falhas para projeto do detector e, depois, realizadas coletas com rolamento com indução de falha para testes do detector.

Os sinais de vibração do motor foram medidos por meio de um sensor acelerômetro de 3 eixos modelo MMA7361, de dimensões de 27,9 mm x 18,6 mm; banda de frequência média no eixo X e Y de 400 Hz e no eixo Z de 300 Hz; massa de 2,5g.

Para a aquisição dos sinais foi utilizado um microcontrolador ARDUINO® modelo MEGA 2560, os dados medidos pelo sensor eram exibidos pela porta serial do microcontrolador e arquivados em um arquivo de planilhas para procedimentos posteriores no MATLAB®.

Para realização do procedimento experimental foi fixado o sensor sobre a tampa traseira do motor no sentido axial e, após o acionamento do motor, foi realizada a coleta dos sinais vibratórios. Foram realizadas 16 coletas de dados tanto para o motor sem falha quanto com falha à uma taxa de amostragem de 200Hz durante 1 minuto (gerando um total de 12.000 amostras). A montagem do experimento em bancada é apresentada na figura 2.

Figura 2: Montagem detalhada do experimento em bancada.

2.2 Extração de parâmetros

A extração de parâmetros teve por objetivos, a obtenção das EOS por meio dos cumulantes de segunda, terceira e quarta ordens, utilizando o *lag* (atraso temporal) nulo. A justificativa do uso das EOS como metodologia de extração de parâmetros, é reforçada devido aos bons resultados obtidos por BARBOSA *et al.* (2016) para detecção de falhas em uma viga engastada, entretanto, com o uso de redes neurais como classificador.

As expressões para os cálculos dos cumulantes de ordens 2, 3 e 4 para um sinal aleatório x[n], E{x[n]} = 0, são, respectivamente:

$$\hat{C}_{2,x}[0] := \frac{2}{N}\sum_{n=0}^{N} x[n]x[mod[n,N]], \quad (1)$$

$$\hat{C}_{3,x}[0] := \frac{2}{N}\sum_{n=0}^{N} x[n]x^2[mod[n,N]], \quad (2)$$

$$\hat{C}_{4,x}[0] := \frac{2}{N}\sum_{n=0}^{N} x[n]\, x^3\left[mod[n,N]\right] - \frac{2}{N^2}\sum_{n=0}^{N} x[n]x[mod[n,N]]\sum_{n=0}^{N} x^2[n], \quad (3)$$

Em que *N* é o número de amostras de *x[n]* e *mod[n,N]* é o valor inteiro restante da divisão de *n* por *N*.

As equações apresentadas em (1), (2) e (3) são aproximações estocásticas dos cumulantes de ordens 2, 3 e 4 definidas por MENDEL (1991) e são mais indicadas para casos em que se utilizam as EOS em sinais de comprimento finito como reportado por BARBOSA *et al.* (2016).

2.3 Projeto dodetector

O algoritmo de classificação utilizado para detecção de falhas neste trabalho foi o SVM que constitui uma técnica de aprendizagem de máquina fundamentada pela teoria de aprendizado estatístico definido por VAPNIK (1998). O SVM tem por objetivo encontrar um hiperplano de separação entre as classes, de tal forma, a todos os pontos pertencentes à mesma classe estejam dentro deste hiperplano, de maneira a se obter uma separação ótima entre as classes como descrito por THEODORIDIS e KOUTROUMBAS (2009).

O SVM utiliza função de kernel, esta baseia-se no tratamento de classes não linearmente separáveis, transpondo-as para um espaço de dimensão mais alta, denominado espaço de parâmetros. Nesse espaço, as classes são linearmente separáveis, gerando a região de separação entre estas. No projeto do detector foi utilizada a função de kernel Gaussiana.

Entre as versões do SVM, foi utilizada neste trabalho, a versão *one-class* (OCSVM – *One-Class Support Vector Machines* ou SVM não supervisionado), técnica desenvolvida por SCHÖLKOPF *et al.* (2001) para a detecção de *outliers*. O OCSVM gera uma região de separação entre as classes referentes ao motor com e sem falha, dentro desta região estarão situados os dados referentes ao motor sem falha e fora desta os dados referentes ao motor com falha (definidos como *outliers*). O algoritmo tem por objetivo minimizar o problema dual, mostrado na equação 4.

$$\min f(x) = 0.5 \sum_{jk} \alpha_j \alpha_k G(x_j, x_k) \quad (4)$$

Onde α_i e α_j representam os multiplicadores de Lagrange e $G(x_j, x_k)$ representa a *Gram Matrix* (referente aos valores da função de kernel) com os termos x_j, x_k

3. Resultados e Discussões

Após a coleta de dados foram plotados os sinais normalizados em função do número de amostras coletadas referentes ao motor sem indução de falha e com indução de falha, tais sinais são apresentados na Figura 3.

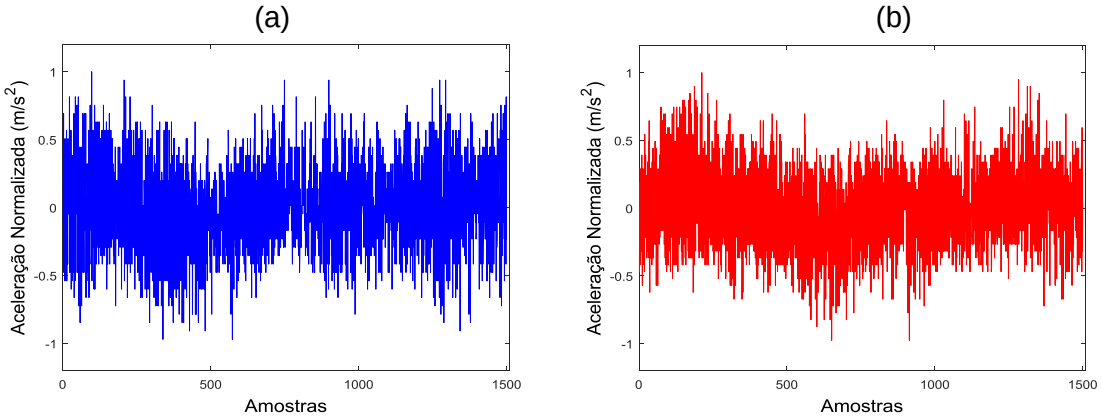


Figura 3: Sinais referentes à coleta de dados do motor (a) sem falha e (b) com falha.

Após as coletas, os dados foram divididos em treino e teste. Para a classe referente ao motor sem falha, foram selecionados aleatoriamente 10 eventos para treino e os demais 6 eventos foram deixados para teste (totalizando os 16 eventos de coletas realizadas). Para a classe do motor com falha todos os eventos foram utilizados em teste.

Após a separação dos dados de treino e teste foram calculados os cumulantes de segunda, terceira e quarta ordens com atraso zero para cada evento. Para fins de reduzir complexidade computacional, os cumulantes extraídos foram agrupados dois a dois e foi analisado o espaço de parâmetros gerado pelo OCSVM. Por meio de uma análise visual das figuras foi constatado que os cumulantes de ordem 2 e 4 foram os que apresentaram melhor separação entre as classes. A Figura 5 mostra o espaço de parâmetros gerado pelo OCSVM utilizando os cumulantes de ordem 2 e 4. Como pode ser observado, há uma separação linear entre as classes, entretanto, devido ao não conhecimento da falha e sua dimensão, o uso de um classificador do tipo não supervisionado foi necessário. Fazendo um comparativo com os resultados apresentados por BARBOSA *et al.*(2016), pode-se observar a boa capacidade dos cumulantes de representar sinais de vibração, gerando classes linearmente separáveis e taxas de acerto de detecção das falhas de até 100%, sendo o procedimento feito sem o uso de nenhum tipo de pré-processamento para redução dos ruídos provenientes da aquisição de sinais (foi-se utilizado apenas um filtro *anti-aliasing* para a aquisição de sinais, para fins de evitar o falseamento durante o procedimento de aquisição).

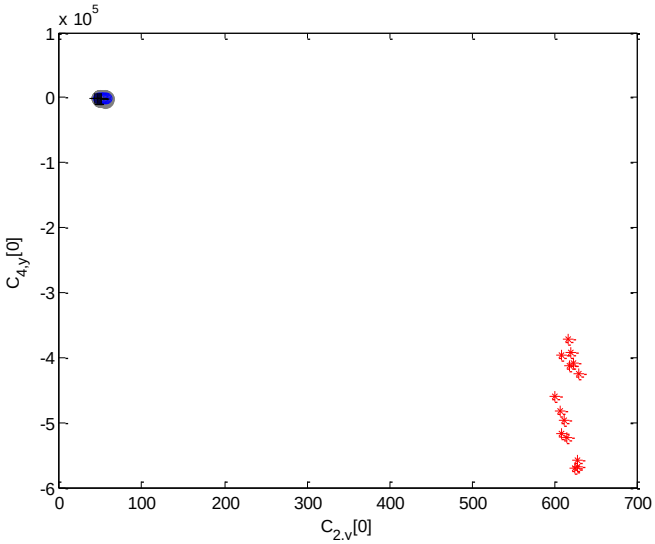


Figura 5: Espaço de parâmetros gerado pelo OCSVM pelos cumulantes de segunda e quarta ordens. Círculos azuis representam eventos de treino referentes ao motor sem falha, asteriscos pretos representam os eventos de testes (motor sem falha) e os asteriscos vermelhos representam os eventos do motor com falha. A região cinza é a região do classificador.

4. CONCLUSÃO

Com a obtenção dos resultados, pode-se constatar a viabilidade do método proposto. A utilização de extração de características por meio do uso de cumulantes de segunda e quarta ordem apresentou um nível elevado de acerto e representatividade dos sinais de vibrações na detecção de falhas. Outro fator preponderante a ser destacado é o baixo custo para implementação do projeto e simplicidade computacional, em que o projeto do detector, nas fases de treino e teste, foi realizado de forma off-line possibilitando a redução de cumulantes (dois) para a execução da função de decisão, descrita em (4). Compete destacar também que a implementação do hardware do método descrito, foi realizada com tecnologia aberta (placa ARDUINO®) com plataforma de hardware já modelada e reconfigurável.

5. AGRADECIMENTOS

A Pró Reitoria de Pesquisa (PRP) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte financeiro.

6. REFERÊNCIAS

AVENDANO-VALENCIA, David; FASSOIS, Spilios D. Robust fault detection based on multiple functional series TAR models for structures with time-dependent dynamics. In: **EWSHM-7th European Workshop on Structural Health Monitoring**. 2014.

BARBOSA, Tássio S. et al.Fault Detection and Classification in Cantilever Beams Through Vibration Signal Analysis and Higher-Order Statistics. **Journal of Control, Automation and Electrical Systems**, v. 27, n. 5, p. 535-541, 2016.

FARRAR, Charles R.; WORDEN, Keith. **Structural health monitoring: a machine learning perspective**. John Wiley & Sons, 2012.

HERNANDEZ-GARCIA, Miguel R.; MASRI, Sami F. Application of statistical monitoring using latent-variable techniques for detection of faults in sensor networks. **Journal of Intelligent Material Systems and Structures**, v. 25, n. 2, p. 121-136, 2014.

LIAO, Wenzhu; WANG, Ying. Data-driven Machinery Prognostics Approach using in a Predictive Maintenance Model. **JCP**, v. 8, n. 1, p. 225-231, 2013.

MENDEL, Jerry M. Tutorial on higher-order statistics (spectra) in signal processing and system theory: Theoretical results and some applications. **Proceedings of the IEEE**, v. 79, n. 3, p. 278-305, 1991.

MUSTAPHA, S. et al. Pattern recognition based on time series analysis using vibration data for structural health monitoring in civil structures. **Electronic Journal of Structural Engineering**, 2015.

SCHÖLKOPF, Bernhard et al. Estimating the support of a high-dimensional distribution. **Neural computation**, v. 13, n. 7, p. 1443-1471, 2001.

THEODORIDIS, Sergios; KOUTROUMBAS, Konstantinos. **Pattern recognition**, 4 ed. [S.l.]:, Academic Press, 2009.

THOBEN, Klaus-Dieter; WIESNER, Stefan; WUEST, Thorsten. “Industrie 4.0” and Smart Manufacturing–A Review of Research Issues and Application Examples. **Int. J. of Automation Technology Vol**, v. 11, n. 1, 2017.

VAPNIK, Vladimir Naumovich; VAPNIK, Vlamimir. **Statistical learning theory**. New York: Wiley, 1998.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

COMPRESSÃO DE DADOS DE SINAIS ELÉTRICOS COM DISTÚRBIOS BASEADO EM ANÁLISE DE COMPONENTES INDEPENDENTES E LIMIARES ADAPTATIVOS

[1]**Pinto, L.S.** (larissa.souzapinto.lsp@gmail.com), [2]**Assunção, M. V.** (mateusvassuncao@gmail.com**),** [3]**Ferreira, D.D.** (danton@deg.ufla.br**),** [4]**Huallpa, B.N.** (belisario.nina@deg.ufla.br), [5]**Ribeiro, D.A.** (david.augusto.ribeiro@gmail.com)

[1]**Universidade Federal de Lavras - Departamento de Engenharia**

Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: No monitoramento da Qualidade de Energia Elétrica é gerado um grande volume de dados. Para realizar o armazenamento de maneira mais eficiente deve-se utilizar um método de compressão. O presente trabalho propõe um método de compressão de distúrbios, que é baseado nos algoritmos de Análise de Componentes Independentes, Transformada Rápida de Fourier e Limiares Adaptativos obtidos utilizando Morfologia Matemática e testes utilizando quantização de coeficientes. O algoritmo de Análise de Componentes Independentes retorna três componentes estatisticamente independentes entre si. Como o ruído e distúrbios presentes são estatisticamente independentes da componente fundamental, a ferramenta de Análise de Componentes Independentes os isola no terceiro componente, onde um limiar é aplicado, enquanto a primeira e segunda componentes são apresentadas à Transformada de Fourier. Boas relações de compressão de distúrbios de Qualidade de Energia Elétrica são alcançadas.

Palavras Chave: Compressão; Redes Inteligentes; Análise de Componentes Independentes; Qualidade de Energia.

DATA COMPRESSION OF ELECTRICAL SIGNALS WITH DISTURBANCES BASED ON INDEPENDENT COMPONENT ANALYSIS AND ADAPTIVE THRESHOLD

ABSTRACT: In the monitoring of the Power Quality, a large amount of data is generated. To perform the storage more efficiently a compression method must be used. The present work proposes a compression method of disturbances, based on the algorithms of Independent Component Analysis, Fast Fourier Transform, and Adaptive thresholds obtained using Mathematical Morphology and tests using quantization of coefficients. The Independent Component Analysis algorithm returns three components statistically independent with each other. As noises and disturbances presents there are statistically independent from the fundamental component, the Independent Component Analysis tool isolates them on the third component, where the threshold is applied, while the first and second components are presented to the Fourier Transform. Good compression ratios of Electrical Power Quality disturbances are achieved.

Keywords: Compression; Intelligent Networks; Independent Component Analysis; Power Quality.

1.INTRODUÇÃO

Com o aumento das cargas elétricas não lineares, com potências cada vez mais elevadas e com a inserção de novas fontes de energia, cresce a demanda de uma rede elétrica mais flexível, confiável, segura, ecológica, eficiente, adaptativa, inteligente e observável em todos os níveis de tensão. Este tipo de rede é atualmente referido como rede inteligente, ou Smart Grid, TCHEOU et al. (2014).

No monitoramento da QEE, arquivos de dados de grande extensão são gerados. A fim de reduzir o volume de dados a serem armazenados, alguns métodos de compressão de sinais utilizando técnicas de processamento digital de sinais foram propostos. As Referências, RIBEIRO et al. (2004), RIBEIRO et al. (2007) e RIBEIRO et al.(1997) utilizam a transformada wavelet como ferramenta principal para compressão.

Neste trabalho, é proposto o uso da técnica de Análise de Componentes Independentes, em inglês "Independent Component Analysis" (ICA) PILLAY e BHATTACHARJEE (1996), e a Transformada de Fourier, em inglês "Fourier Transform" (FT), para a compressão de dados em distúrbios de QEE em sistemas trifásicos. O ICA é um método de processamento estatístico de sinais que realiza a transformação linear de um conjunto de observações de variáveis, onde o resultado é um novo conjunto de variáveis estatisticamente independentes, chamadas de componentes independentes.

2. METODOLOGIA

O método proposto consiste em seis etapas, conforme Fig.1. Na primeira etapa, um segmento do sinal de tensão de cada fase do sistema elétrico ($v[n]$, n = 1, ... ,N, *com* amostras discretas no tempo) é recortado de forma sincronizada e agrupado, constituindo assim, a matriz de observações:

$$\boldsymbol{x}[n] = [v_a[n]; v_b[n]; v_c[n]]^T ; \quad (1)$$

onde, $v_a[n]$, $v_b[n]$ e $v_c[n]$ são as formas de onda da tensão de fase *a*, *b* e *c* do sistema elétrico.

Na segunda etapa, o vetor de observações é apresentado ao algoritmo ICA, que realiza uma transformação linear, definida por, $\mathbf{y}[n] = \mathbf{W}\mathbf{x}[n]$, onde,

$$\boldsymbol{y}[n] = [y_1[n]; y_2[n]; y_3[n]]^T \quad (2)$$

é o vetor de componentes independentes e **W é** a chamada matriz de separação .

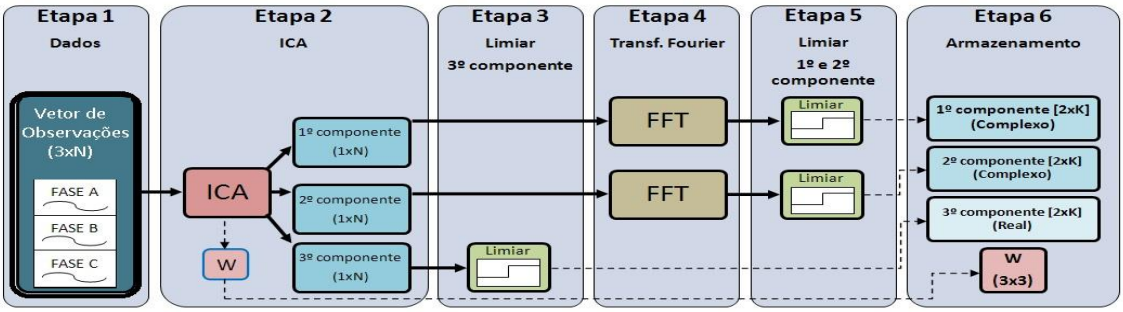


Figura 1. Diagrama das etapas do método.

No presente trabalho, para a obtenção de **W**, foram testados dois algoritmos de ICA, o SOBI, do inglês "Second Order Blind", e o algoritmo aproximado de diagonalização de Auto

matrizes JADE, do inglês "Joint Approximate Diagonalization of Eigen-Matrices" CARDOSO e SOULOUMIAC (1993). O algoritmo JADE apresentou maior eficiência nos resultados do problema, motivo pelo qual foi escolhido para os procedimentos do trabalho.

As duas primeiras componentes possuem informações importantes sobre: a componente fundamental, o distúrbio e o ruído. Portanto, nenhum dado poderá ser descartado para que a reconstituição seja possível no futuro. Como o ruído e o distúrbio presentes nos sinais elétricos são estatisticamente independentes da componente fundamental (60 Hz), o algoritmo ICA utilizado, os isola na terceira componente deixando os totalmente separados da componente fundamental, portanto podemos descartar através dos limiares as amostras irrelevantes (ruídos), e apenas as informações importantes (distúrbios) são mantidas.

Um limiar é definido automaticamente usando as operações de dilatação e erosão (morfologia matemática) de forma simplificada, como proposto em RIBEIRO et al.(2013a) Neste método, as operações de dilatação e erosão são reduzidas ao cálculo do valor máximo e mínimo nas vizinhanças do sinal processado especificado pelo elemento estruturante. Após a aplicação dessas operações, é possível fazer a detecção de eventos e estabelecer o valor dos limiares a serem utilizados.

Todos os valores abaixo do limiar, na terceira componente independente, são descartados no armazenamento dos dados e substituídos por zeros para a reconstrução das observações, o que é feito pela operação $\mathbf{x}[n] = \mathbf{W}^{-1}\mathbf{y}[n]$.

Na quarta etapa, nas duas primeiras componentes independentes são aplicadas a FT usando o algoritmo da FFT. Os dados são apresentados em função da frequência, o que possibilita distinguir os componentes do sinal que são de interesse, pois os distúrbios, componente fundamental, e os ruídos operam em frequências diferentes. A partir dos espectros em frequência obtidos, aplicam-se dois limiares, e substituem-se por 0 dados com amplitudes inferiores ao limiar definido em cada espectro. A reconstrução das observações é feita utilizando a Transformada Inversa de Fourier (IFFT).

A última etapa é o armazenamento de dados, em que os dados resultantes do processo são salvos para futuras análises. Duas matrizes contendo números complexos e não-nulos provenientes do limiar após a FFT, uma matriz contendo as informações úteis da terceira componente e a matriz de transformação **W** são armazenadas. As matrizes de números complexos são de ordem 2x*K*, onde a primeira linha corresponde aos valores não nulos dos componentes (*K* valores) e a segunda linha contêm as posições das amostras correspondentes aos valores da primeira linha. A Fig. 1 ilustra todas as etapas descritas acima.

Sinais sintéticos de tensão trifásicos foram gerados com frequência de amostragem *fs* de 15.360 Hz corrompidos por sete tipos diferentes de distúrbios de QEE: transitório oscilatório, interrupção longa, interrupção curta, afundamento de tensão (Sag), elevação de tensão (Swell), transições rápidas e sucessivas de tensão (Notch) e variações bruscas de tensão (Spike).

Os sinais nominais (sem distúrbios) foram gerados com frequência de 60 Hz, amplitude nominal de 1 p.u., fase variando de -π à π com um ruído aditivo *r* (*n*) de distribuição normal *N* (0*;* $\sigma^2_{r)}$ e com uma relação sinal-ruído, em inglês "*Signal-to-noise ratio"* (SNR), de 30 dB. Estes sinais foram gerados via MatLab®.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O vetor de observações **x**[*n*] foi construído para *N* = 1.024 amostras de acordo com (1) e apresentado ao algoritmo ICA. Na Fig. 3 é mostrada as componentes independentes obtidas pelo algoritmo ICA. Observa-se que a terceira componente (em (c)) apresenta apenas ruído e uma parcela dominante do distúrbio transitório oscilatório.

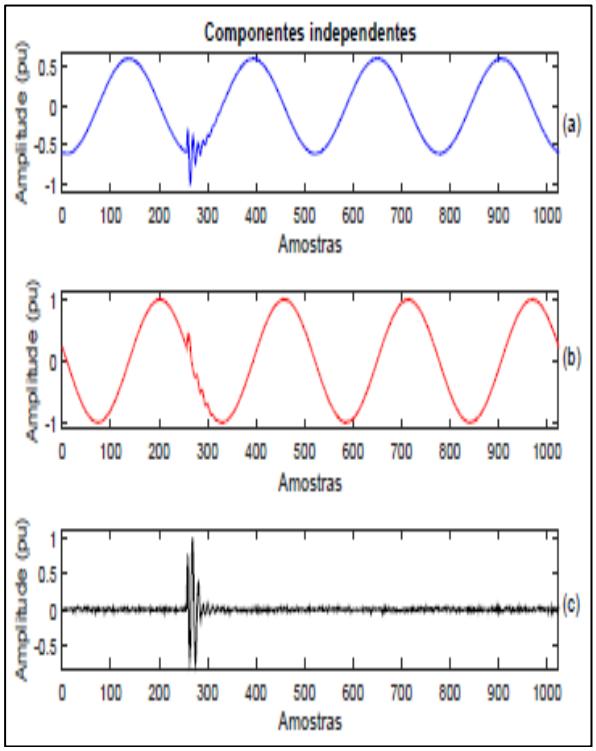


Figura 2.(a) Primeiro componente; (b) Segundo componente e (c) Terceira componente.

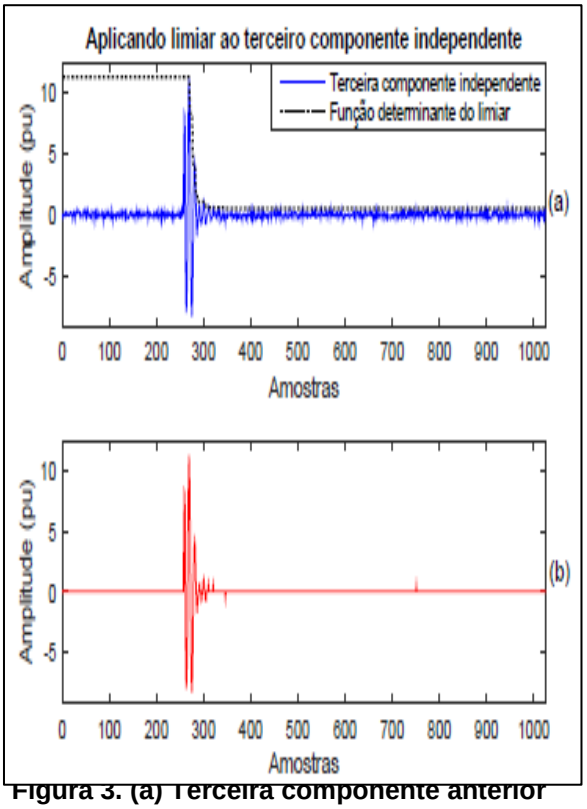


Figura 3. (a) Terceira componente anterior ao limiar e (b) Terceira componente posterior ao limiar.

Com o intuito de eliminar apenas o ruído presente no terceiro componente independente, Fig. 3 (c), um limiar foi definido usando morfologia matemática, de forma que as amostras com valores menores do que esse limiar (referentes a ruídos) sejam descartadas e as demais amostras (referentes ao transitório) sejam armazenadas. O limiar obtido é mostrado na Fig. 3 (a), e o resultado da aplicação do mesmo em na Fig. 3. (b).

Nas Fig. 4 (a) e (b) são apresentados os resultados da aplicação do algoritmo FFT nas duas primeiras componentes independentes mostradas nas Figuras 2 (a) e (b). Observa-se que duas regiões do espectro se destacam por amplitudes mais elevadas. Com o intuito de manter apenas esses componentes de amplitude mais significativa, limiares são aplicados, resultando nos dados mostrados nas Fig. 4 (c) e (d).

Nas figuras Fig.5(a) e Fig.6(a) temos exemplos de sinais gerados com distúrbio de Interrupção e Interrupção curta e nas figuras Fig.5(b) e Fig.6(b) o resultado ao aplicar o método proposto.

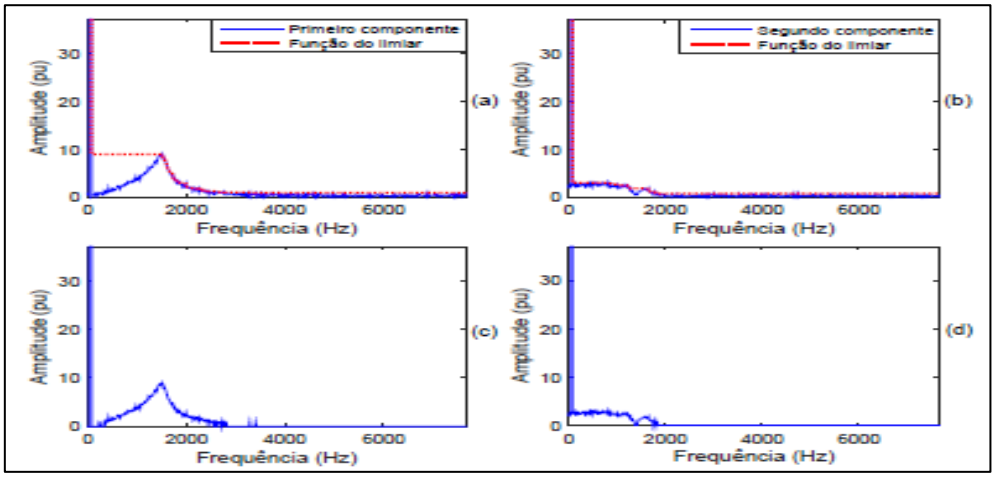


Figura 4. (a) Primeira componente e limiar; (b) Segunda componente e limiar; (c) Resultado da aplicação do limiar na primeira componente; e (d) Resultado da aplicação do limiar da segunda componente.

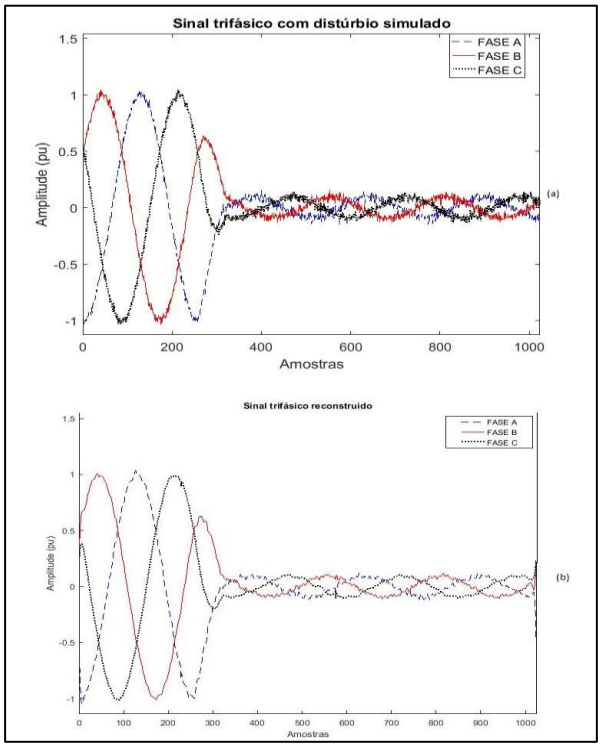


Figura 5. Sinal trifásico com distúrbios: Interrupção (a) Sinal original; (b) Sinal reconstruído.

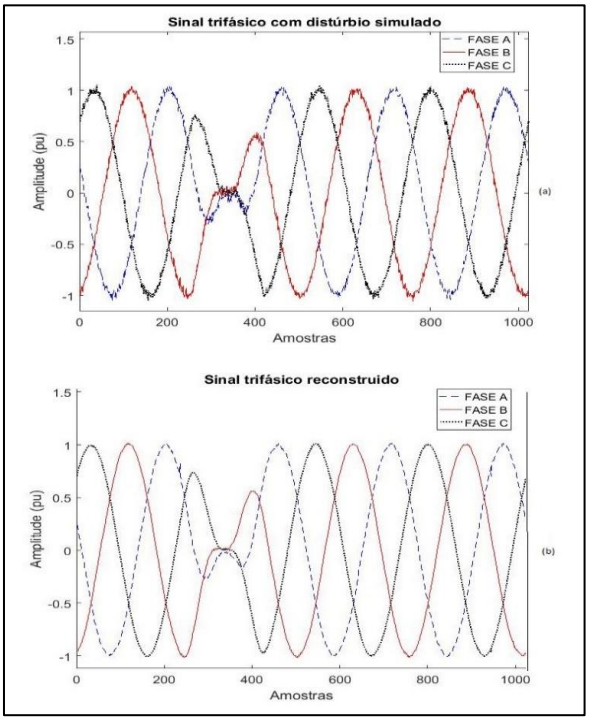


Figura 6. Sinal trifásico com distúrbios: Interrupção curta; (a) Sinal original; (b) Sinal reconstruído.

Na Tabela 1 apresentam-se os tamanhos dos dados originais (matriz com os dados das fases do sinal em três vetores) e dos dados salvos após compressão, além da relação média de compressão. Na Tabela 2 é apresentado uma métrica de qualidade de reconstrução, utilizando os dados de energia do sinal original e do sinal reconstruído a qual apresenta a energia mantida entre os sinais originais e os reconstruídos, essa análise é uma importante técnica usada para mostrar que os procedimentos realizados não corromperam os dados do sinal, sendo o método então seguro quanto a qualidade do sinal reconstruído.

Tabela 1. Dados da compressão para cada distúrbio.

Tipo de Distúrbio	Dados Originais (Bytes)	Dados Salvos (Bytes)	Relação Média de Compressão
Transitório	24.576	13.832	5:3
Interrupção	24.576	7.880	3:1
Interrupção Curta	24.576	2.984	10:1
Sag	24.576	2.472	6:1
Swell	24.576	4.520	5:1
Notch	24.576	23.704	1:1
Spike	24.576	5.560	4:1

Tabela 2. Avaliação da qualidade de compressão para cada distúrbio.

Tipo de Distúrbio	Energia original (und. de energia 10^5)	Energia final (und. De energia 10^5)	Energia mantida (%)
Transitório	1.5515	1.5498	99,98%
Interrupção	0.4187	0.4167	99,53%
Interrupção curta	1.3606	1.3590	99,89%
Sag	0.8861	0.8822	99,55%
Swell	2.8735	2.8711	99,92%
Notch	1.5145	1.5114	99,80%
Spike	1.5536	1.5693	101,01%

4. CONCLUSÃO

O método apresentou resultados promissores sobre a compactação de sinais trifásicos com diversos tipos de distúrbios de QEE. Os resultados obtidos são similares aos obtidos por métodos que a literatura oferece em alguns casos. Porém, o método faz uso de técnicas de processamento simples baseados em ICA, FT e limiares automáticos, que possuem características e etapas de execução com complexidade inferior aos métodos da literatura, consequentemente é uma alternativa interessante visando aplicações em Smart Grids. Para a evolução do método, estudos de aprimoramento do algoritmo e quantização de coeficientes estão sendo desenvolvidos para a melhoria da taxa de compressão.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TCHEOU, M. P., LOVISOLO, L., RIBEIRO, M. V., DA SILVA, E. A. B., RODRIGUES, M. A. M., ROMANO, J. M. T. E DINIZ, P. S. R. (2014). **The compression of electric signal waveforms for smart grids: State of art and future trends**, *IEEE Transactions on Smart grids* 5: 291-302.

RIBEIRO, P. F., DUQUE, C. A., SILVEIRA, P. M. E CERQUEIRA, A. S. (2013). ***Power Systems Signal Processing for Smart Grids***, Jhon Siley & Sons LTD, Chuchester United Kingdon.

RIBEIRO, M. V., ROMANO, J. M. T. E DUQUE, C. A. (2004). **An improved method for signal processing and compression in power quality evaluation**, *IEEE Transaction on Power Delivery* 19(2): 464-471.

RIBEIRO, M. V., ROMANO, J. M. T. E MITRA, S. K. (2007)**. A novel mdl-based compression method for power quality applications**, *IEEE Transaction on Power Delivery* 22(1): 27-36.

SANTOSO, S., POWERS, E. J. E GRADY, W. M. (1997). **Power quality disturbance data compression using wavelet transfom methods**, *IEEE Transaction on Power Delivery* 12(3): 1250-1257.

RADIL, T., RAMOS, P. M., JANEIRO, F. M. E SERRA, A. C. (2008). **Pq monitoring system for real time detection and classification of disturbances in single phase power system**, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 57(8): 1725-1733.

P. PILLAY AND A. BHATTACHARJEE, **"Application of wavelets to model shortterm power system disturbances,"** IEEE Transactions on Power Systems, Nov 1996.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

Área:

Engenharia de Materiais

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE GESSO ODONTOLÓGICO COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE NANOEMULSÃO DE ÓLEO DE LARANJA

[1] **Giacomini, Henrique** (hgphema@gmail.com), [2]**Aparecida, Mariane** (maryanne1620@otmail.com), [3]**Pereira, Tamires** (tamires_florestal@hotmail.com), [4]**Oliveira, Juliano** (juliano.oliveira@deg.ufla.br), [5]**Fonseca, Camila** (camilasfonseca8@hotmail.com)

Universidade Federal de Lavras- Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: Muitos materiais protéticos não resistem a medidas de esterilização, a exemplo do gesso odontológico, necessitando soluções alternativas como a incorporação de substâncias com propriedades antimicrobianas. Entretanto, esse método pode acarretar alterações nas propriedades mecânicas do gesso. Assim o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes proporções de da nanoemulsão de óleo de laranja nas propriedades de gesso odontológico tipo IV. A nanoemulsão foi utilizada em composições de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%. Os corpos de prova confeccionados com diâmetro de 20 mm e comprimento de 40 mm, conforme especificado na normatização nº 25 da *American Dental Association*. Realizaram-se ensaios de vibração flexural e de resistência à compressão, para os quais produziu-se 6 corpos de prova de cada formulação. Os módulos de Young para as formulações com 25% (56,60 **±** 1,49 GPa) e 75% (56,50 **±** 1,46 GPa) apontaram significativo aumento de rigidez, em relação ao grupo controle 0,0% (37,86 **±** 1,09 GPa). Os ensaios de resistência à compressão indicaram um aumento da fragilidade dos corpos de prova, em relação ao grupo 0% (0,03205 GPa), notadamente nas formulações 75% (0,01891 GPa) e 100% (0,01474 GPa). Verifica-se, que a adição de substâncias antietiológicas ao gesso promove alterações em suas propriedades mecânicas.

Palavras Chave: Biocerâmicas; Nanotecnologia; Gesso Odontológico; Nanoemulsão.

Physical and mechanical properties of plaster type IV made with orange oil nanoemulsion

ABSTRACT: Many prosthetic materials do not withstand sterilization measures, such as dental gypsum, requiring alternative solutions like incorporation of substances with antimicrobial properties. However, this method can lead to changes to the mechanical properties of the plaster. Thus the objective of this work was to evaluate the effect of different proportions of orange oil nanoemulsion on the properties of type IV dental plaster. Nanoemulsion was used in compositions of 0%, 25%, 50%, 75% and 100%. Test specimens made with a diameter of 20 mm and a length of 40 mm, as specified in Standardization No. 25 of the American Dental Association. Flexural vibration and compressive strength tests were performed, for which 6 specimens of each formulation were produced. Young's modulus for formulations with 25% (56.60 ± 1.49 GPa) and 75% (56.50 ± 1.46 GPa) showed a significant increase in stiffness compared to the 0.0% control group (37 , 86 ± 1.09 GPa). The compressive strength tests indicated an increase in the fragility of the specimens, in relation to the 0% group (0.03205 GPa), especially in the formulations 75% (0.01891 GPa) and 100% (0.01474 GPa). The analyzes suggest the possibility of partial use of the nanoemulsion, presenting better results, in this work, those of 25% and 50%. It is verified that the addition of antietiological substances to the gypsum promotes changes its mechanical properties.

Keywords: Bioceramics; Nanotechnology; Dental Plaster; Nanoemulsion.

1. INTRODUÇÃO

O controle da transmissão de doenças é algo fundamental na Odontologia, haja visto que em seu exercício há o contato, muitas vezes direto, de profissionais com o sangue e a saliva de pacientes. Uma metodologia segura para a esterilização dos objetos utilizados é submissão destes a autoclaves, que através de ambientes com altas temperaturas e pressão, inativam os microorganismos patogênicos. Entretanto, no setor de próteses, muitos instrumentos não suportam intensas solicitações térmicas, como aqueles constituídos de gesso. Desta forma, agentes etiológicos presentes nos poros dos moldes de gesso obtidos em clínicas ortodônticas são facilmente transferidas para os modelos e próteses confeccionados, resultando em contaminação destes. Esta possibilidade de contaminação foi verificada por Wakefield et al (1980), ao observar que 90% de próteses estéreis apresentaram contaminação após seu uso. Já Powell et al, demonstrou que diferentes graus de patogenicidade poderiam infectar os modelos de gesso. Assim, Majewski et al (2004) realizou levantamento onde 63,3% dos protéticos entrevistados afirmaram não desinfetar modelos, 70% não desinfetam trabalhos provados no paciente e 70,8% nem sequer acreditam na possibilidade de contaminação cruzada entre consultório e laboratório de próteses, revelando um cenário favorável à proliferação de doenças.

O levantamento realizado por Majewsk et al., (2004) explicita a necessidade do desenvolvimento de investigações inovadoras, como a incorporação de substâncias antimicrobianas a fim de funcionalizar os moldes.

Neste contexto, deve-se avaliar possíveis limitações advindas de tal combinação, como alterações mecânicas que inviabilizem sua aplicação. Nos estudos sobre essa alternativa, destaca-se principalmente o uso de materiais de origem vegetal que possuem características antimicrobianas. Uma fruta muito popular no Brasil, que apresenta tal propriedade é a laranja, Bakkali et al., (2008).

Uma área com grande crescimento atual é a nanotecnologia, que estuda substâncias quando em tamanho nanométrico. A utilização de materiais de origem vegetal em nanoescala têm se destacado, notoriamente às nanoemulsões. Uma importante características das nanoemulsões é a maior penetração e capacidade de consolidação, pois as partículas diminutas devem facilitar a penetração e a interação com a matriz utilizada.(Mader et al.,2011). Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de diferentes proporções da nanoemulsão de óleo de laranja nas propriedades mecânicas do gesso odontológico tipo IV.

2. Metodologia

2.1 Materiais utilizados

Para a produção dos corpos de prova foram utilizados gesso odontológico tipo quatro, água destilada e como solução antimicrobiana, nanoemulsão de óleo de laranja.

Utilizou-se, para a estabilização das gotas de óleo de laranja, o tensoativo Tween 80 da indústria Isofar, contendo 3,0% de impureza H_2O, com 96-108 número de hidroxilas e massa molar 1227,54 g/mol. O óleo utilizado foi o óleo essencial de laranja Citrus aurantium var. dulcis da marca FerquimaInd.

2.2 Metodologia

A parte experimental desse projeto fora conduzida de acordo com a Especificação nº 25 da *American Dental Association*, onde recomenda-se uma temperatura ambiente no intervalo de 25 ± 2° C e uma umidade relativa do ar em 50 ± 10%.

2.2.1 Produção da nanoemulsão de óleo de laranja

Elaborou-se amostras, inicialmente com variação da concentração de óleo de laranja na proporção 1:4, em relação à massa de óleo. Cada amostra possui volume total de 50 mL. As amostras de água destilada e tensoativo foram pesadas em uma balança analítica, posteriormente misturadas e levadas a um agitador magnético em sua agitação máxima. Com o aparelho em funcionamento e a solução em movimento, as gotas de óleo de laranja já pesadas, foram adicionadas à solução, sob uma taxa de 1 gota/minuto, até a sua completa homogenização.

Finalizado este processo, colocou-se as soluções em banho de gelo no aparelho ultrassom de ponta, na potência em 50% de sua especificação durante o tempo de 10 minutos para ocorrência do cisalhamento das partículas. As nanoemulsões foram armazenadas em tubos de 50 mL e sob a temperatura de 18ºC. Então, procedeu a observação das amostras uma vez ao dia, até se observar a ocorrência da separação de fase, ou qualquer outro tipo de alteração visual nos sistemas.

2.2.2 Grupo de amostras

Tabela 1. Formulações dos Corpos de Prova

Grupo	% Nanoemulsão de óleo de laranja	% H_2O
I	0	100
II	25	75
III	50	50
IV	75	25
V	100	0

2.2.3 Produção dos corpos de prova

Para a obtenção dos corpos de prova do ensaio por vibração flexural e de resistência à compressão confeccionou-se moldes de silicone com um diâmetro interno de 20 mm e comprimento 40 mm, conforme especificado na normatização nº 25 da American Dental Association. Os gessos foram manipulados na produção água-pó recomendada pelo fabricante, 23 ml de solução para 100 g de pó, depois espatulados em uma cubeta. Após a espatulação, o gesso foi vazado em pequenas porções sobre vibração, para evitar o acúmulo de bolhas. Decorrido o tempo de presa do gesso , os corpos de prova foram removidos dos moldes.

2.2.2 Caracterização do gesso por vibração flexural

A determinação do módulo de elasticidade dinâmico (E) foi realizada por meio da análise das frequências naturais de vibração flexural, utilizando o equipamento Sonelastic® (ATCP). A análise realizada em todos os corpos de prova precedeu o teste de compressão em 24 horas, conforme descrito por Fonseca et al. (2016).

2.2.4 Resistência a compressão

Decorridos 7 dias da produção dos corpos de prova, foram realizados testes de resistência à compressão com equipamento Arotec 300kN, com célula de carga de 100 kN, e velocidade constante de 0,5 mm/min. A força foi aplicada até a ruptura dos corpos de prova, então sua resistência à compressão determinada com auxílio do software livre SciDavis. Os valores obtidos para a resistência à compressão foram estimados pela divisão da carga máxima suportada antes da fratura pela área inicial do corpo de prova.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ensaio de vibração flexural

A variação do módulo de Young das formulações após 6 dias de produção apresentada na Tabela 2 e na Figura 1.

Tabela 2. Módulo de Young

Formulação	Módulo Médio (GPa)	Desvio Padrão	Variância	Máximo	Mínimo
I	37,86 ± 1,09	1,19	1,41	39,51	36,59
II	56,60 ± 1,49	1,63	2,66	58,38	54,4
III	37,92 ± 1,25	1,37	1,87	40,29	36,59
IV	56,50 ± 1,46	1,60	2,55	57,69	53,52
V	34,71 ± 1,84	2,02	4,08	36,68	31,31

O comportamento mecânico do gesso odontológico pode ser estudado pelo módulo Young. A utilização de uma técnica não destrutiva de análise das frequências naturais de vibração flexural possibilitou identificar as variações de rigidez das formulações em função da quantidade de nanoemulsão de óleo de laranja utilizada.Os resultados observados para os módulos de Young (Tabela 1) demonstram que não ocorreu uma relação linear desse módulo com a proporção de nanoemulsão de óleo de laranja. Os dados mostram significativo acréscimo na rigidez das formulações II e IV, não havendo alteração apreciável nas demais formulações testadas. Devido a padronização na metodologia de produção dos corpos de prova, estas alterações podem estar relacionadas com a interação entre a nanoemulsão de óleo de laranja e o gesso odontológico. Outro fator que pode ter influenciado nos resultados é o aprisionamento de bolhas durante a produção dos corpos de prova que resultaram na fomação de defeitos na matriz de gesso (poros). Esses poros atuaram como concentradores de tensão reduzindo o módulo de Young das formulações I (0% de nanoemulsão) , III (50 % de nanoemulsão), V (100% de nanoemulsão).

3.2Resistência à Compressão

O comportamento tensão-deformação das formulações analisadas está apresentado na Figura 1.

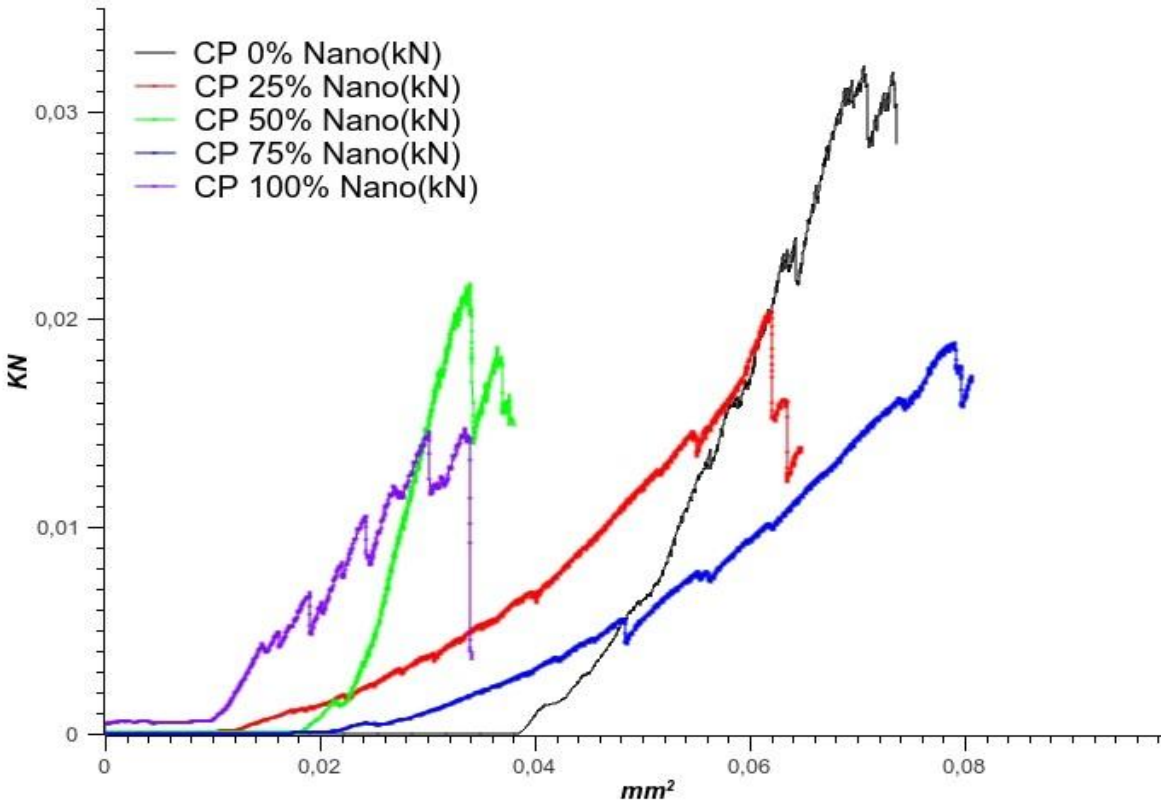


Figura 1: Análise de Tensão x Deformação

O limite de resistência à compressão representa uma propriedade de particular interesse para aplicação em questão, já que o gesso é manipulado visando servir de matriz para a elaboração de próteses e modelos. Os dados (Figura 1 e Tabela 2) mostram que independente do volume de água substituída pela nanoemulsão, o limite de resistência à compressão diminui para todos os grupos quando comparado ao grupo controle.

Tabela 2. Análise de Resistência à Compressão e Fratura

Formulação	Limite de Resistência à Compressão (GPa)	Resistência à Fratura(GPa)
I	0,03205	0,01705
II	0,02063	0,00135
III	0,02161	0,00739
IV	0,01891	0,00102
V	0,01474	0,00352

O limite de resistência à compressão e a resistência a fratura reduziram com o aumento da quantidade de nanoemulsão de óleo de laranja utilizada. A adição de nanoemulsão pode ter introduzido uma maior quantidade de poros, que são concentradores de tensão, tornando os corpos de prova mais frágeis.Este resultado também é observado com a adição de soluções macroscópicas antibactericidas naturais (BRITO, 2013), sendo crítico, nesta investigação, para às formulações com 75% e 100% de nanoemulsão.

4.. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados indicam um significativo acréscimo na rigidez das formulações II (25% de nanoemulsão) e IV (100% de nanoemulsão), não havendo alteração apreciável nas demais formulações testadas, fato que pode estar relacionado com uma possível ação plastificante da nanoemulsão .

O limite de resistência à compressão decresceu com o aumento da proporção de nanoemulsão de óleo de laranja utilizada, A adição de nanoemulsão pode ter introduzido uma maior quantidade de poros, tornando os corpos de prova mais frágeis.

Verifica-se então que a adição de uma substância antimicrobiana ao gesso modifica suas propriedades mecânicas. É preciso um estudo mais detalhado para entender esse comportamento e o efeito da nanoemulsão de óleo de laranja como solução antimicrobiana em gessos odontológicos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. M. **Análise do módulo de elasticidade estático e dinâmico do concreto de cimento portland através de ensaios de compressão simples e de frequência ressonante**. 2012. 213 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

American Dental Association - Council On Dental Materials, Instruments And Equipment. Revised ANSI/ADA Specification No. 25 for dental gypsum products. J Am Dent Assoc. 1981; 3: 350-1.

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. Biological effects of essential oils – A review. Food and Chemical Toxicology, v. 46, p. 446–475.2008.

Fonseca, C. S. et al. Micro/nanofibrilas celulósicas de Eucalyptus em fibrocimentos extrudados. Cerne, Lavras, v. 22, n. 1, p. 59-68, mar. 2016.

A. Mader, A. Schirò, M. Brischetto, B. Pizzo, Interactions and penetration of polymers and nanolatexes into wood : An overview, Progress in Organic Coatings 71 (2011) 123-135.

Majewski M, Koga-Ito CY, Junqueira JC, Jorge AOC. Avaliação das condutas de biossegurança aplicadas em laboratórios de prótese dentária. Rev Biociencias. 2004; 10(1): 161-6.

Mason, T. G., Wilking, J. N., Meleson, K., Chang, C. B., Graves, s. M. Nanoemulsions: formation, structure, and physical properties. Journal of Physics Condensed Matter, 18(41), R635–R666, 2006. McCLEMENTS, D. J. EDIBLE NANOEMULSIONS: fabrication, properties, and functional performance. Soft Matter, v. 7(6), p. 2297–2316, 2011.

Wakefield, C. W. Laboratory contamination of dental prostheses. J Prosthet Dent 1980;44:143-146.

Majewski, M., Koga-Ito, C. Y., Junqueira, J. C., Jorge, A. O. C. Avaliação das condutas de biossegurança aplicadas em laboratórios de prótese dentária. Revista Biociências, Vol. 10, No 3 (2004).

1. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveleis pelo que está contido neste trabalho.

Área:

Engenharia de Produção

UMA PROPOSTA METAHEURÍSTICA BASEADA EM PRINCÍPIOS DE EMPARELHAMENTO ESTÁVEL PARA O PROBLEMA DA ALOCAÇÃO DE ALUNOS EM ESCOLAS PÚBLICAS

[1]**Oliveira, R. V.** (robsonviei@hotmail.com), [1]**Teixeira, M. C.** (teixeiradesignworks@gmail.com), [1]**Bonelli Junior, M. A.** (bonelli@deenp.ufop.br)

[1]**Universidade Federal de Ouro Preto -** Departamento de Engenharia de Produção
Caixa Postal 24, Campus Univeristário, João Monlevade, Minas Gerais, Cep 35931-008

RESUMO: Este trabalho trata um problema de emparelhamento estável para uma situação real de alocação de alunos em uma escola. O emparelhamento estável visa encontrar uma relação estável dado as condições propostas por dois conjuntos. O problema aplicado consiste em alocar crianças para uma determinada escola dado uma serie de critérios impostas tanto pela própria escola quanto pelos pais das crianças, visando maximizar a utilidade dada ao conseguir fazer uma alocação que seja viável. Com isso, neste trabalho é proposto um algoritmo de ILS baseado na junção de diferentes estratégias nas fases construtivas e de busca local. Os resultados obtidos, utilizando instâncias geradas pelos autores do trabalho para validar o algoritmo, são comparados com um método exato afim de atestar a qualidade da estratégia utilizada.

Palavras Chave: emparelhamento estável; ILS; iterated local search; metaheurística.

A PROPESED METAHEURISTIC BASED ON STABLE MARRIAGE PRINCIPLES FOR A SCHOOL ASSIGNMENT PROBLEM

ABSTRACT: This paper addresses a stable matching problem for a real situation of student allocation in a school. Stable matching aims to find a stable relationship given the conditions proposed by two sets. The problem is to allocate children to a determined school given of criteria imposed both by the school itself and by the parents of the children, in order to maximize the utility of being able to make an allocation that is viable. This paper proposes an ILS algorithm based on the combination of different strategies in the constructive and local search phases. The obtained results, using instances generated by the authors of the paper to validate the algorithm, are compared with an exact method to attest the quality of the strategy used.

Keywords: stable marriage; ILS; iterated local search; metaheuristic.

1. INTRODUÇÃO

A alocação de alunos em escolas é um problema existente em todas as cidades, principalmente em grandes centros urbanos. Este fato se dá pela falta de preparo da estrutura de ensino nacional mediante a demanda existente por educação, que sofreu grande expansão a partir do final dos anos 80, com a restauração do regime democrático.

Segundo Delgado (2013), o excesso de demanda por escolas públicas, seguido de conjuntos heterogêneos de escolas do lado da oferta, derivou na formação de filas pata a efetuação das matrículas em muitas capitais do país. Como motivos para a formação de filas na efetuação de matriculas nas escolas públicas, três principais aspectos podem ser vislumbrados: a crise econômica, que levou a substituição de escolas particulares por escolas públicas (FONSECA e ZUPPO, 1997); o investimento precário em infraestrutura escolar (PINTO, 1999) e a insuficiência de canais centralizados que disponibilizem os dados consolidados de demanda de alunos e oferta de vagas públicas escolares (PINTO, 1999).

Porém, a insuficiência de vagas não e apresentava em todo o sistema escolar, mas sim para algumas escolas, que possuíam maior demanda (FONSECA e ZUPPO, 1997). Este fato ocorre, pois, buscando um melhor ensino para seus filhos e uma maior comodidade quanto a locomoção entre escola e lar, os pais possuem preferência por escolas que são mais próximas a seus domicílios e/ou tenham um maior índice de qualidade de ensino.

Partido desta problemática, o presente trabalho tem o objetivo de propor um método metaheurístico de alocação baseado no princípio de emparelhamento estável. Metaheurísticas são métodos de aproximação de solução projetados para resolver uma alta gama de problemas difíceis de otimização, sem que se tenha grandes adaptações entre um problema e outro. Em geral, estas técnicas são utilizadas para a resolução de problemas para os quais não há um algoritmo específico que os resolvem de forma satisfatória. Segundo Boussaïd et al. (2013), para que uma metaheurística seja bem-sucedida na resolução de um problema de otimização, esta deve proporcionar um equilíbrio entre os procedimentos de diversificação da população e intensificação das soluções encontradas.

O problema de emparelhamento estável *(Stable Matching Problem)* consiste em encontrar uma relação estável entre dois conjuntos distintos, dado as preferências existentes em cada elemento. Uma relação é dita estável quando, para ambos os elementos, não existe nenhum outro pareamento que forneça melhor relação (SAMBINELLI, 2014). Para a definição das alocações, foi desenvolvido de intensificação de soluções que utilizam premissas de priorização baseadas em um critério de adaptação, que leva em consideração a relação de proximidade entre aluno e escola, os índices de preferência e a idade do aluno. Como fase de diversificação do conjunto de soluções, o método proposto utiliza premissas baseadas na metaheurística ILS *(Iterated Local Search)*.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Neste trabalho, a fim de encontrar a solução ótima para as instâncias propostas, será utilizado o modelo exato desenvolvido por Sæmundsen (2014) para a resolução do problema de emparelhamento estável para alocação de alunos. O objetivo do modelo proposto pelo autor é maximização da utilidade da alocação, que leva em consideração as preferências dos pais e a distância percorrida por estes até a escola.

O problema possui como objeto de sua decisão a variável $\boldsymbol{x_{ij}}$, que possui valor 1 se a criança $\boldsymbol{i}$ é alocada na escola $\boldsymbol{j}$, $\forall\, \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{S}\ \boldsymbol{e}\ \forall\, \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{C}$, e valor 0 caso contrário. Assim, o modelo utilizado neste trabalho é definido por:

$$max \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} x_{ij}(P_{ij} + \frac{\alpha}{D_{ij}}) \quad (01)$$

$s.a$:

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} \leq 1, \qquad \forall\, i \in C \quad (02)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} \leq Cap_j, \qquad \forall\, j \in S \quad (03)$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} \leq \sum_{j=1}^{m} x_{kj}, \qquad \forall\, (i,k) \in C \mid PC_i \leq 0, DB_i > DB_k \quad (04)$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} = 1, \qquad \forall\, i \in C \mid PC_i > 0 \quad (05)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \qquad \forall\, i \in C, \quad \forall\, j \in S \quad (06)$$

em que C é o conjunto de crianças, onde $n = |C|$. S é o conjunto de pré-escolas, onde $m = |S|$. DB_i é a data de nascimento da criança $i \in C$. Cap_j é a capacidade de cada escola $j \in S$. PC_i é 1 se a criança i já tiver sido aceitado previamente e 0, caso contrário. D_{ij} é a matriz da distância contendo a distância da criança i para todas as escolas j. P_{ij} é a matriz de preferência contendo a utilidade quando a criança i é designada a escola j e α é o fator de peso para determinar a importância das distâncias. Para a resolução do modelo acima, usa-se $\alpha = 1$, exceto quando mencionado.

A função objetivo, expressada por (01), adiciona a utilidade dada atendendo a preferência dos pais e a utilidade dada quando os pais conseguem viajar a menor distância até a escola. A expressão (02) assegura que uma criança pode ser atribuída a uma única escola. A inequação (03) garante que as atribuições não excedem a capacidade das escolas. A inequação (04) assegura que uma criança mais velha é atribuída a uma escola antes que uma criança mais nova. A inequação (05) diz que, se uma criança tiver prioridade, ela tem garantido uma vaga dentro de uma escola. Por fim, a inequação (06) garante que a condição binária das variáveis seja satisfeita.

2.1 Método de resolução proposto

Apresentamos nessa seção o algoritmo proposto neste trabalho. Primeiramente, vale ressaltar que, para a etapa de construção de soluções viáveis, utilizou-se de estratégias possuindo natureza gulosa de construção, dado a facilidade e eficiência de sua implementação. O método proposto, mesmo com sua simplicidade de aplicação, trouxe resultados satisfatórios. O processo decisório do algoritmo construtivo proposto é mostrado na Figura 1.

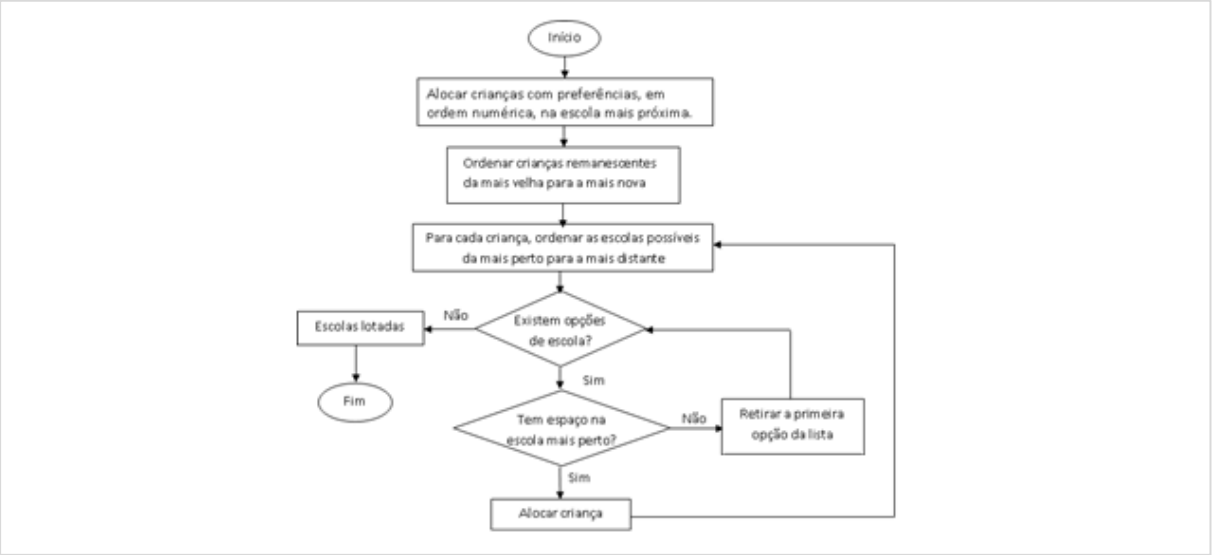


Figura 1. Fluxograma do algoritmo construtivo.

Partindo das soluções iniciais obtidas através da heurística construtiva, foi desenvolvido um movimento de busca em vizinhança que consiste em analisar o nível de adaptação dos alunos e os critérios requeridos pelo problema prático. Com esse movimento, o algoritmo proposto decide por iterar sobre as soluções obtidas, permitindo analisar vários graus de adaptação relacionados aos alunos já alocados e, também, aos alunos que estão com *status* de remanescente. O processo decisório da busca local proposta é mostrado na Figura 2.

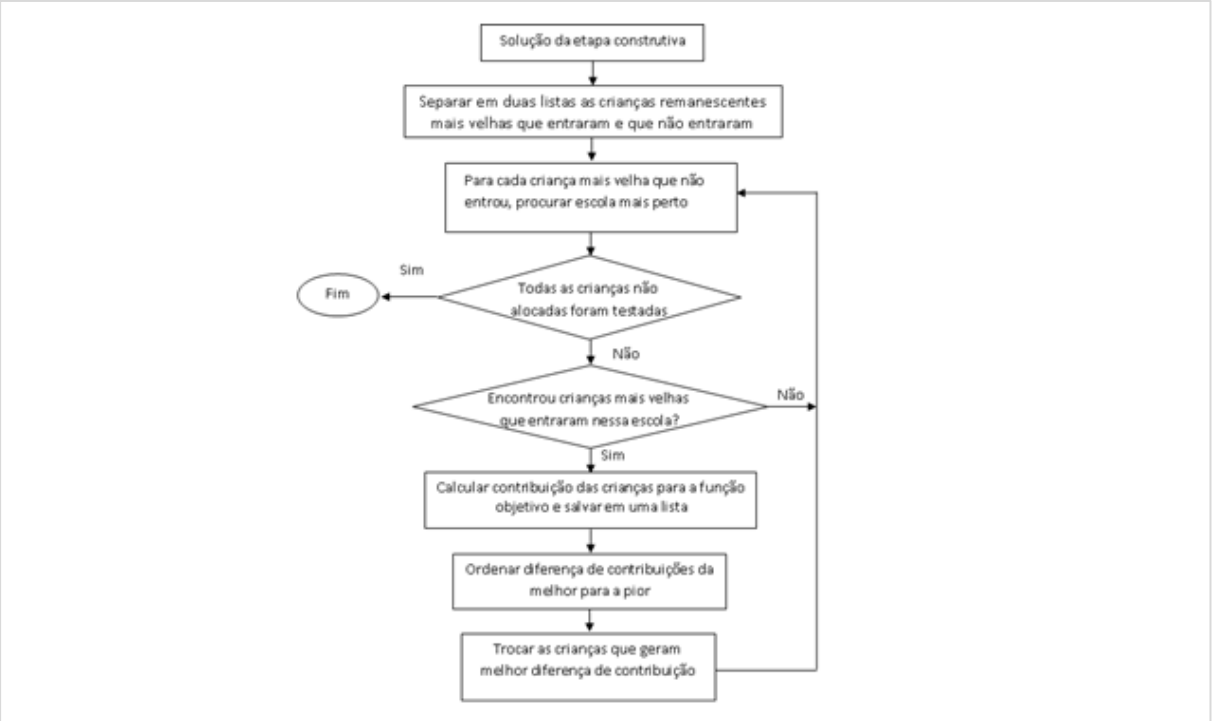


Figura 2. Fluxograma do algoritmo de busca em vizinhança.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os métodos heurísitcos propostos, bem como a codificação do modelo exato do problema, foram elaborados utilizando a linguagem de programação Python 2.7. Para a resolução do método exato, foi utilizado o solver Gurobi versão 6.5.2. Os testes foram executados em um computador com processador Intel I7 contendo 4 núcleos de 3.6GHz e 16 GB de memória RAM, utilizando sistema operacional Windows 10.

De forma a comparar os resultados obtidos pelo método proposto neste artigo, em relação ao método exato proposto por Sæmundsen (2014), ambos os métodos de resolução foram aplicados em instâncias idênticas, em que as dimensões são variadas em âmbitos de número de escolas e número de alunos, bem como seus parâmetros de preferência relacionados. Para cada dimensão utilizada, criou-se vinte instâncias, de modo a identificar o comportamento médio do algoritmo frente a mudanças dos índices de distancias, prioridades e número de vagas disponibilizadas pelas escolas. Na Tabela 1 é apresentado os resultados obtidos em relação à três dimensões de instâncias utilizadas.

Tabela 1. Resultados obtidos para as dimensões $(3, 100)$, $(24, 1600)$ e $(75, 5000)$.

DIMENSÃO (3, 100)			DIMENSÃO (24, 1600)			DIMENSÃO (75, 5000)		
Best Sol.	Sol. Found	GAP	Best Sol.	Sol. Found	GAP	Best Sol.	Sol. Found	GAP
67,00	67,00	0,00%	1.069,00	1.051,00	1,71%	4.571,05	4.377,18	4,43%
85,02	81,59	4,20%	1.479,48	1.377,05	7,44%	3.935,98	3.843,66	2,40%
52,00	48,00	8,33%	1.648,72	1.534,65	7,43%	3.238,00	3.199,00	1,22%
80,22	75,08	6,85%	907,00	903,00	0,44%	3.666,00	3.484,00	5,22%
65,99	62,77	5,12%	1.696,13	1.601,39	5,92%	3.556,00	3.405,00	4,43%
78,63	78,23	0,51%	1.068,00	1.045,00	2,20%	3.171,00	3.151,00	0,63%
57,00	57,00	0,00%	1.169,00	1.106,00	5,70%	3.718,00	3.555,00	4,59%
72,71	70,65	2,91%	1.631,46	1.538,88	6,02%	3.160,00	3.135,00	0,80%
57,00	57,00	0,00%	1.149,00	1.099,00	4,55%	3.312,00	3.251,00	1,88%
72,00	69,00	4,35%	1.521,03	1.451,38	4,80%	3.726,47	3.656,68	1,91%
81,66	81,32	0,42%	1.399,12	1.351,86	3,50%	3.395,00	3.321,00	2,23%
67,77	66,45	1,98%	1.726,98	1.651,23	4,59%	3.431,00	3.364,00	1,99%
53,00	53,00	0,00%	958,00	953,00	0,52%	2.839,00	2.832,00	0,25%
68,00	68,00	0,00%	931,00	931,00	0,00%	4.155,61	4.044,98	2,73%
78,23	77,51	0,94%	1.183,00	1.130,00	4,69%	2.930,00	2.928,00	0,07%
66,57	66,40	0,25%	1.640,92	1.557,07	5,39%	4.282,95	4.167,86	2,76%
67,00	64,00	4,69%	1.185,00	1.145,00	3,49%	3.250,00	3.206,00	1,37%
87,42	85,71	1,99%	1.395,13	1.324,43	5,34%	4.115,52	4.001,52	2,85%
78,18	74,95	4,32%	1.217,00	1.175,00	3,57%	4.568,52	4.379,09	4,33%
79,70	78,92	1,00%	1.126,00	1.077,00	4,55%	3.651,00	3.496,00	4,43%

Como é observado na Tabela 1, para instâncias em que o processo de decisão é de menor complexidade, o método proposto obtém solução ótima para diversas instâncias, como pode ser visto nas instâncias de dimensão $(3,100)$. Conforme aumenta-se a complexidade de decisão, o número de soluções ótimas encontradas diminui, porém GAP's baixos ainda são encontrados. Observa-se, também, que o método possui baixa oscilação quanto aos resultados obtidos e, em geral, não encontra-se soluções distantes da solução ótima. Esta afirmação é melhor evidenciada na Tabela 2, que mostra o GAP médio para cada dimensão de instância e o desvio padrão das soluções obtidas.

Tabela 2. GAP médio e desvio padrão das soluções obtidas, por dimensão de instância.

DIMENSÃO (2, 50)		DIMENSÃO (3, 100)		DIMENSÃO (25, 1000)		DIMENSÃO (24, 1600)		DIMENSÃO (75, 5000)	
GAP	2,77%	GAP	2,39%	GAP	3,67%	GAP	4,09%	GAP	2,53%
Stand. Dev.	6,39%	Stand. Dev.	2,55%	Stand. Dev.	2,07%	Stand. Dev.	2,17%	Stand. Dev.	1,59%

A Tabela 2 mostra que, mesmo com a viariação da dimensão das instâncias, o GAP médio obtido se mantém estável e obtendo baixos resultados. Mostra-se, também, que o algoritmo possui baixa variação quanto os diferentes problemas resolvidos em cada dimensão utilizada, o que pode ser verificado observando-se os baixos índices de desvio padrão obtidos.

Deste modo, podemos inferir a partir das Tabelas 1 e 2 que o método proposto gera resultados não muito distantes da solução ótima para as instâncias tratadas e, em geral, não possui grandes oscilações de GAP com a variação de instâncias. Observa-se, também, que a aplicação dos métodos de intensificação e diversificação propostos gera um nível relativo de estabilidade do algoritmo, mantendo-se os resultados com pouco desvio percentual, independente da variação do porte das instâncias e parâmetros utilizados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho busca mostrar a eficiência de métodos de aproximação de solução aplicada ao problema de alocação de alunos em escolas. Para isso, foi definido um índice de adaptação entre alunos e escolas, baseado na função objetivo do problema, utilizando premissas da metaheurística *Iterated Local Search*.

Os experimentos realizados obtiveram resultados satisfatórios, ao ponto que se obteve resultados muito próximos às soluções ótimas para as instâncias tratadas, utilizando baixo esforço computacional para a obtenção dos resultados. Para soluções de menor nível de complexidade, o algoritmo proposto encontra soluções ótimas em diversos dos casos avaliados. Observa-se, também, que o método proposto possui baixa variabilidade quanto a geração de soluções finais, demonstrando um bom comportamento no processo decisório de alocação de alunos em escolas, mesmo com o aumento da complexidade dos problemas tratados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOUSSAÏD, I.; LEPAGNOT, J.; SIARRY, P. **A survey on optimization metaheuristics. Information Sciences**. V.237, p.82-117, 2013.

DELGADO, V. M. S. **Alocação dos alunos nas escolas: uma abordagem de algoritmos de pareamento para análise do efeito do cadastro escolar de Belo Horizonte na proficiência dos estudantes**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasi, 2013.

FONSECA, F. T.; ZUPPO, C. A. **Fim das filas para matrícula em escola pública**. Espaço BH: trabalho, tecnologia e informação na administração municipal, 1997.

PINTO, M. V. **Cadastramento Escolar: democratização do acesso à escola pública**. Informática Pública, 1999.

SÆMUNDSEN, Skúli Magnús. **Integer and Stable Marriage Models for Assignments to Preschools.** Dissertação de mestrado, Reykjavík University, 2014.

SAMBINELLI, M. **Problemas de emparelhamento estáveis.** Dissertação de mestrado - Universidade Estadual de Campinas, 2014.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

UMA PROPOSTA METAHEURÍSTICA PARA O PROBLEMA DE MINIMIZAÇÃO DE CUSTO EM UM PROCESSO DE USINAGEM

[1]**Bonelli Junior, M. A.** (bonelli@deenp.ufop.br), [2]**Campidelli, A. F. V.**(augustofcv@gmail.com),[1]**Santos, I. O.** (izabelaos.trainee@gmail.com)

[1]**Universidade Federal de Ouro Preto -** Departamento de Engenharia de Produção
Caixa Postal 24, Campus Univeristário,João Monlevade, Minas Gerais,Cep 35931-008

[2]**Universidade Federal de Minas Gerais -** Departamento de EngenhariaMecânica
Campus Pampulha,Belo Horizonte, Minas Gerais,Cep 31270-901

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo encontrar a combinação ótima de parâmetros de corte, de modo a minimizar o custo de usinagem. Esta atividade é considerada complexa para a aplicação de métodos de otimização, dado a existência de restrições físicas do processo e a característica não linear da função de custo. Neste trabalho, será apresentado um algoritmo metaheurístico que utiliza rotinas de trajeto aleatorizadas, denominado *Iterated Random Path Search* (IRPS), buscando a verificação da eficiência de algoritmos com fortes características de diversificação do espaço de busca aplicado ao problema de otimização dos parâmetros de corte. Será apresentado a definição do problema de otimização de parâmetros de corte em processos de usinagem, bem como sua definição matemática, contendo suas equações de objetivo e restrições. Como ponto de comparação, resultados derivados de estudos prévios sobre o tema serão utilizados. Com os resultados obtidos, conclui-se que a utilização de técnicas voltadas para a diversificação do espaço de busca de soluções é uma estratégia de grande eficiência para o problema de otimização dos parâmetros de corte, pois possibilita o alcance de soluções factíveis de alta qualidade com a aplicação de pouco esforço computacional.

Palavras Chave: usinagem; otimização; parâmetros de corte; custo; metaheurísticas.

A METAHEURISTICS PROPOSAL FOR THE MACHINING CONDITION OPTIMIZATION PROBLEM

ABSTRACT: This paper aims to find an optimal combination for the cutting parameters in order to minimize the cost of the machining process. This activity is considered complex for the application of optimization methods given the existence of physical constraints of the process and the nonlinear characteristic of the cost function. This paperwill present a metaheuristic algorithm that uses random routines, denominated Iterated Random Path Search (IRPS), to verify the efficiency of algorithms that uses strong characteristics of search space diversification applied to the optimization problem of the cutting parameters. It will be presented the definition of the cutting parameters optimization problem in machining processes, as well as its mathematical definition. Some results from previous studies for the machining condition optimization problem will be used as comparison. From the obtained results, it was possible to conclude that the use of techniques focused on the diversification of the solution search space is a highly efficient strategy for the optimization problem of the cutting parameters, since it allows the reach of feasible solutions of high quality with the application of little computational effort.

Keywords: machining, optimization, cutting parameters, cost, metaheuristics.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento do processo é um importante tópico no cenário competitivo da manufatura moderna. Um bom planejamento do processo de fabricação acarreta diretamente na redução do custo da manufatura, aumentando consequentemente os lucros da organização. Com o atual avanço da computação e tecnologia da informação, o planejamento do processo pode ser realizado de forma computadorizada. Na área da manufatura, isto é conhecido como planejamento do processo assistido por computador.

Devido ao alto custo de capital e operacional das máquinas CNC, existe uma necessidade econômica em operar estas máquinas da forma mais eficiente possível, para que se obtenha o retorno do investimento realizado (RAJA e BASKAR, 2010). Em geral, a seleção de parâmetros ótimos de usinagem para uma específica máquina-ferramenta se caracteriza como a tarefa de maior importância para a manufatura, dado que os parâmetros de controle deste processo quase nunca são conhecidos de maneira precisa (MADIC e RADOVANOVIC, 2014).

Muitos problemas de otimização das condições de usinagem são altamente não lineares, multidimensionais e de natureza complexa. Este fato é derivado da dificuldade e complexidade computacional para a resolução destes problemas utilizando algoritmos baseados em métodos de linearidade numérica e programação não linear, dado que estes requerem substancial informação de gradiente. Esta ineficiência dos métodos tradicionais em resolver problemas de otimização do processo de usinagem forçou pesquisadores a procurar novas abordagens. Na última década, a nova tendência na otimização de processos de usinagem tem sido baseada no uso de metaheurísticas (YILDIZ, 2009).

Metaheurísticas são métodos de aproximação de solução projetados para resolver uma alta gama de problemas difíceis de otimização, sem que se tenha grandes adaptações entre um problema e outro. Em geral, estas técnicas são utilizadas para a resolução de problemas para os quais não há um algoritmo específico que os resolvem de forma satisfatória. Segundo Boussaïd et al. (2013), para que uma metaheurística seja bem-sucedida na resolução de um problema de otimização, esta deve proporcionar um equilíbrio entre os procedimentos de diversificação da população e intensificação das soluções encontradas. Boussaïd et al. (2013) também apontam a importância extra dos métodos de intensificação, afirmando que estes são essenciais na identificação de espaços de busca promissores e que contenham soluções de alta qualidade.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Neste trabalho, será utilizado o modelo matemático apresentado por Hati e Rao (1976) para a operação de torneamento de aço baixo carbono utilizando uma ferramenta de metal duro. Este modelo também considera a execução do processo de usinagem em uma sequência de múltiplos passes da ferramenta sobre o metal, aproximando-o do processo real de corte.

O objetivo neste modelo é a minimização do custo de produção, em dólares por peça. Adotando a variável $\boldsymbol{n}$ para representar o número de passes e $\boldsymbol{d}$ para a profundidade de corte, a função objetivo para o problema é apresentada a seguir:

$$min\ Custo = n \times (3141.59V^{-1}f^{-1}d^{-1} + 2.879 \times 10^{-8}V^{4}f^{0.75}d^{-0.025} + 10) \qquad (01)$$

O intervalo permitido para os parâmetros de velocidade de corte $(\boldsymbol{V})$ e taxa de avanço $(\boldsymbol{f})$ são dados por:

$$50 \leq V \leq 400\ m/min \qquad (02)$$
$$0.30 \leq f \leq 0.75\ mm/rev \qquad (03)$$

Além das restrições inerentes aos parâmetros apresentados, o problema de otimização de corte possui mais quatro restrições físicas. Estas restrições são: a força do corte $(\boldsymbol{F_c})$, a potência de corte $(\boldsymbol{P_c})$, a vida útil da ferramenta $(\boldsymbol{TL})$ e a temperatura $(\boldsymbol{T})$. Estas restrições variam em função de $\boldsymbol{V}$ e $\boldsymbol{f}$ e podem ser definidas por:

$$F_c = (28.10V^{0.07} - 0{,}525V^{0.5})d \times f\left(1.59 + 0.946 \times \frac{(1+x)}{\sqrt{(1-x)^2 + x}}\right) \leq 85\ kg \quad (04)$$

$$P_c = \frac{0{,}746F_cV}{4500} \leq 2{,}25\ kW \quad (05)$$

$$25 \leq TL = 60\left(\frac{10^{10}}{V^5 f^{1{,}75} d^{0{,}75}}\right) \leq 45\ min \quad (06)$$

$$T = 132V^{0{,}4} f^{0{,}2} d^{0{,}105} \leq 1000\ °C \quad (07)$$

em que $x = \left(\frac{V}{142}\exp(2.21f)\right)^2$.

De modo a solucionar o problema de otimização dos parâmetros de corte em um processo de usinagem descrito acima, foi elaborado um algoritmo heurístico de construção da solução inicial aleatorizada em que, após selecionar os candidatos viáveis (que não desrespeitam nenhuma restrição), é aplicada uma busca em vizinhança que visa encontrar o melhor candidato dentre as soluções existentes no espaço de busca vigente. Este segundo passo é executado até que não se encontrem melhores candidatos.

Embora o algoritmo obtenha bons resultados, esse, por conter características iniciais aleatorizadas, possui grande dependência ao conjunto inicial de soluções na geração de ótimos locais. Para reduzir este efeito na busca por soluções melhores, foi implementado uma metaheurística baseada no algoritmo ILS (*Iterated Local Search*) que busca aumentar a diversidade da solução proposta.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De forma a comparar os resultados obtidos com métodos propostos previamente na literatura, também foram utilizados os valores $\boldsymbol{n} = 2$ e $\boldsymbol{d} = 2.5$. Deste modo, o presente trabalho tem como variáveis de decisão a velocidade de corte $(\boldsymbol{V})$ e taxa de avanço $(\boldsymbol{f})$. Os valores para a velocidade de corte $\boldsymbol{V}^*$ e para a taxa de avanço $\boldsymbol{f}^*$, encontrados pelos métodos propostos por Kim et al. (2008), Duffuaa et al. (1993) e Khan et al. (1997) são mostrados na Tabela 1, e os resultados obtidos pelo algoritmo proposto estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 1. Métodos e soluções para o problema de otimização dos parâmetros de corte.

Parâmetro	Simulated annealing	Continuos simulated annealing	Genetic algorithm	Generalized reduced gradient	Real-coded genetic algorithm
*V**	148.215	148.219	147.710	151.55	147.925
*f**	0.3617	0.3617	0.3614	0.375	0.3616
Min Cost	79.544	79.542	79.569	*inviável*	79.554

Diante das soluções apresentadas por Kim et al. (2008), Duffuaa et al. (1993) e Khan et al. (1997), o algoritmo proposto possui comportamento médio mais eficiente em três dos cinco métodos propostos na literatura. Já em relação ao melhor resultado obtido pela

solução proposta, este somente não obteve solução de menor custo quando comparado ao método de arrefecimento simulado contínuo (*ContinuousSimulatedAnnealing*).

Tabela 2. Soluções obtidas pelo método proposto.

Custo	V	f	Fc	Pc	T	TL
79,543	148,206	0,362	84,717	2,081	875,756	25,013
79,544	148,212	0,362	84,717	2,082	875,767	25,009
79,545	148,178	0,362	84,717	2,081	875,681	25,039
79,545	148,207	0,362	84,717	2,081	875,750	25,015
79,545	148,190	0,362	84,717	2,081	875,707	25,030
79,545	148,179	0,362	84,717	2,081	875,678	25,040
79,546	148,221	0,362	84,717	2,082	875,780	25,004
79,546	148,150	0,362	84,717	2,081	875,603	25,066
79,547	148,119	0,362	84,717	2,080	875,522	25,094
79,547	148,174	0,362	84,717	2,081	875,659	25,046
79,548	148,135	0,362	84,717	2,080	875,559	25,081
79,548	148,107	0,362	84,718	2,080	875,486	25,106
79,549	148,098	0,362	84,718	2,080	875,464	25,114
79,549	148,142	0,362	84,717	2,081	875,572	25,076
79,549	148,212	0,362	84,717	2,082	875,744	25,015
79,550	148,049	0,362	84,718	2,079	875,337	25,159
79,550	148,155	0,362	84,717	2,081	875,596	25,066
79,551	148,163	0,362	84,717	2,081	875,613	25,060
79,552	148,049	0,362	84,718	2,079	875,327	25,161
79,552	148,047	0,362	84,718	2,079	875,321	25,163

Quando comparado ao método de melhor solução, obtido por Khan et al. (1997), a solução proposta neste trabalho possui um GAP médio de 0,00703%, e um GAP de 0,00174% para a melhor solução encontrada. O método, mesmo possuindo soluções distintas em suas execuções, se mostra estável, possuindo uma amplitude entre a melhor e a pior solução de custo encontrada equivalente a 0,009. Observa-se que para todas as soluções, encontrou-se o mesmo valor para a taxa de avanço ($\boldsymbol{f}$), existindo variação somente em na velocidade de corte ($\boldsymbol{V}$).

Os resultados obtidos mostram que o uso de características aleatórias nos algoritmos de aproximação, para a resolução de problemas de otimização, gera resultados positivos dado sua grande característica de exploração do espaço de solução. Isto ocorre, pois, ao aplicar os princípios de diversificação, atrelados aos momentos de intensificação gerados pelas buscas em vizinhança, o algoritmo é capaz de avaliar grande amplitude da superfície de resposta em busca de candidatos promissores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou mostrar a eficiência de métodos aplicados à diversificação do espaço de busca no problema de definição de parâmetros ótimos em um processo de usinagem. Para isso, foi aplicado um algoritmo que utiliza a metaheurística ILS (*Iterated Local Search*) em conjunto com uma busca exaustiva em vizinhança.

Os experimentos realizados obtiveram resultados satisfatórios, ao ponto que se obteve resultados superiores que quatro dos cinco métodos previamente apontados pela literatura. Observou-se também que, mesmo não obtendo soluções idênticas em novas execuções, a distância entre os resultados obtidos é ínfima, demonstrando a estabilidade do algoritmo desenvolvido, dado que o mesmo possui condições aleatórias que o tornam susceptível à população inicial de candidatos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOUSSAÏD, I.; LEPAGNOT, J.; SIARRY, P. **A survey on optimization metaheuristics. Information Sciences**. V.237, p.82-117, 2013.

DUFFUAA, S. O.; SHUAIB, A. N.; ALAM, M. Evaluation of optimization methods for machining economics models. Computers and Operations Research. V.20, p.227-237, 1993.

HATI, S. K.; RAO, S. S. **Determination of machining conditions – deterministic and probabilistic approaches**. Journal of Engineering for Industry. V.98, p.354-359, 1976.

KHAN, Z.; PRASAD, B.; SINGH, T. **Machining condition optimization by genetic algorithms and simulated annealing**. Computers and Operations Research. V.24, p.647-657, 1997.

KIM, S. S.; KIM, I. H.; MANI, V.; KIM, H. J. **Real-coded genetic algorithm for machining condition optimization**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. V.38, p.884-895, 2008.

MADIC, M.; RADOVANOVIC, M. **Possibilities of using the monte carlo method for solving machining optimization problems**. FactaUniversitatis – Series: Mechanical Engineering. V.12, n.1, p.27-36, 2014.

RAJA, S. B.; BASKAR, N. **Optimization techniques for machining operations: a retrospective research based on various mathematical models**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. V.48, p.1075-1090, 2010.

YILDIZ, A. R. **An effective hybrid immune-hill climbing optimizations approach for solving design and manufacturing optimization problems in industry**. Journal of Materials Processing Technology. V.209, p.2773-2780, 2009.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

CONTRIBUIÇÃO DA FERRAMENTA KAISEN EM UMA EMPRESA DE CALDEIRARIA E USINAGEM DA CIDADE DE JOÃO MONLEVADE

[1]**Barreto, E. J.**(ezequiel.ufop@gmail.com), [1]**Oliveira, I. S.**(izabelaos.trainee@gmail.com), [1]**Souza, V. L.** (torusca@gmail.com)

[1]**Universidade Federal de Ouro Preto -** Departamento de Engenharia de Produção
Caixa Postal 24, Campus Univeristário,João Monlevade, Minas Gerais,Cep 35931-008

RESUMO:Diante do cenário de extrema competição entre as empresas de todos os setores, torna-se fundamental, para uma organização que pretende se manter competitiva no mercado, ter um bom sistema de gerenciamento de produção que otimize a utilização dos recursos cada vez mais escassos. Nesse aspecto, o Kaizen surge como uma ferramenta poderosa para auxiliar na melhoria contínua dos processos das organizações. O objetivo deste artigo é enunciar brevemente a metodologia Kaizen, mostrar a aplicação e implementação dos seus conceitos de produção enxuta em uma empresa do setor de caldeiraria e usinagem, situada na cidade de João Monlevade-MG, bem como apresentar alguns resultados e conclusões obtidas pela aplicação da ferramenta.

Palavras Chave: metodologia kaizen; melhoria contínua; produção enxuta.

CONTRIBUTION OF THE KAIZEN TOOL IN A BOILER AND MACHINING COMPANY IN THE CITY OF JOÃO MONLEVADE

ABSTRACT: In the face of extreme competition among companies in all sectors, it is essential for an organization that intends to remain competitive in the market, to have a good production management system that optimizes the use of scarce resources. In this aspect, Kaizen emerges as a powerful tool to assist in the continuous improvement of organization's processes. The purpose of the article is to briefly state the Kaizen methodology, to show the application and implementation of its lean production concepts in a company of the boiler industry and machining located in the city of João Monlevade-MG, as well as to present some results and conclusions obtained by application of the tool.

Keywords: kaizen methodology, continuous improvement, lean production.

1. INTRODUÇÃO

Após a segunda guerra mundial o Japão, arrasado economicamente, teve que se reerguer e as empresas japonesas em uma grande recessão tiverem que buscar meios para não falirem e tentarem se tornar competitivas mundialmente, visto que o país não possuía, no momento, potencial para manter suas próprias empresas. Para isso, estas organizações passaram a investir alto em qualidade e a desenvolver técnicas de melhoria contínua para os processos, principalmente de manufatura. Denominadas posteriormente de técnicas de produção enxuta WOMACK, JONES E ROOS (1992).

De maneira abrangente, o conceito de produção enxuta passa pelas diretrizes relacionadas à identificação e redução de desperdícios na cadeia produtiva. Desperdícios como por exemplo: retrabalho, superprodução, excesso de estoques, processos inadequados, mal gerenciamento de mão-de-obra, movimentação desnecessária e etc.

Porém, devido ao grande dinamismo dos mercados, faz-se necessário um modelo de produção que além de enxuto seja continuo e devido a essa necessidade surge então a ferramenta Kaizen, criada no Japão pelo engenheiro Taichi Ohno, com o intuito de reduzir os desperdícios gerados nos processos produtivos, buscando a melhoria contínua da qualidade dos produtos e o aumento da produtividade. Essa ferramenta tornou-se mundialmente conhecida pela sua aplicação dentro do Sistema Toyota de Produção BRIALES (2005).

De acordo com Imai (1994), o Kaizen é definido como melhoria contínua e teve papel fundamental no enriquecimento cultural japonês e em seu sucesso competitivo. Seguindo a lógica do autor, Kaizen pode ser interpretado como pequenas melhorias feitas no status quo como consequência de esforços contínuos.Empiricamente, a filosofia do Kaizen é o modo de estimular o pensamento de todos os líderes e funcionários de uma organização por meio de uma atitude de autorreflexão e até mesmo de autocrítica, tendo em foco o implacável desejo de melhorar.

Desta forma, essa metodologia difundiu-se pelo mundo inteiro devido ao seu grande potencial de aumento de competitividade e melhoria para as empresas e a larga aplicabilidade em organizações de diversos setores produtivos.Os benefícios gerados por meio da implementação do Kaizen contribuem diretamente com a qualidade do processo de desenvolvimento de produtos e de serviços. A metodologia de implantação é relativamente simples, porém é preciso comprometimento e dedicação para o desenvolvimento da autodisciplina necessária para mantê-los (IMAI, 1996).

Para uma melhor eficiência da aplicação do Kaizen, utiliza-se uma serie de ferramentas que auxiliam aos gestores “enxergarem” os problemas e formas de soluciona-los por meio da elaboração de planejamentos de ação, tais como: o método PDCA (CAMPOS, 1992 e MOURA 1997); Brainstorming (MINUCCI, 2001 e LINS, 1993); diagrama de causa e efeito (HORNBURG et al., 2007); 5S (BARBOSA et al., 2009), e o 5W2H (CANDELORO, 2008).

No presente trabalho foi analisado todo o processo de implementação do Kaizen, desde os estágios iniciais até a análise e monitoramento da ferramenta em uma empresa de médio porte do setor de usinagem e caldeiraria situada na cidade de João Monlevade-MG com mais de 15 ano de mercado.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O 5S surgiu nas empresas do Japão após a segunda guerra mundial, durante a reconstrução do país. O Total Quality Control (TQC ou Controle da Qualidade Total) é um sistema administrativo aperfeiçoado no Japão, a partir de ideias americanas ali introduzidas logo após a Segunda Guerra Mundial. Segundo Falconi (1999), TQC é o controle exercido por todas as pessoas para a satisfação das necessidades de todas as pessoas.

O Tabelão Kaizen, efetuado pela empresa em 2015, foi resultado da aplicação do programa 5S em sua estrutura interna. Esse programa promoveu mudanças diversas em

todo arranjo produtivo da empresa e foi direcionado pelo uso do Kaizen, que abrange um processo completo de qualidade.

O processo de aplicação do 5S, e consequentemente do Kaizen, durou aproximadamente 4 meses (128 dias). Neste período, foram feitos treinamentos e avaliações contínuas em toda equipe de colaboradores da empresa, visando bons resultados referente a aplicação e rendimentos dos colaboradores frente a nova metodologia. Durante o tempo de aplicação, foram fornecidas 80horas de capacitação e consultoria interna pela instituição responsável pela aplicação do Kaizen, sendo realizadas palestras sobre o programa com o intuito de difundir as informações sobre a metodologia e as modificações planejadas dentro da empresa.

Para cumprir os objetivos propostos, reuniões semanais foram realizadas,sendo reservado tempos específicos para cada colaborador,onde estes foram avaliados por seus desempenhos de forma contínua segundo os indicadores do programa.

O Kaizen foi trabalhado desde o início do projeto de aumento da eficiência operacional da produção via aumento da produtividade e redução de falhas, ponderando as causas, possíveis erros e gastos desnecessários, até o final da última etapa do programa, sendo ao final avaliado os resultados alcançados pela empresa pela aplicação do programa.

Diversos gráficos foram gerados e comparações de layouts fabris também foram produzidos, de modo com que todos esses dados alimentassem o programa Kaizen,tornandocom que toda causa, mudança e resultado do projeto 5S estivessem bem descritos ao final.

Por fim, realizou-se uma análise de caráter exploratório com intuito de validar a importância da aplicação da ferramenta de qualidade Kaizen, que foi implementada pelos responsáveis da organização em estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Kaizen foi implementado devido à uma necessidade de melhorar a baixa eficiência operacional da empresa, em seu setor produtivo. Alguns dos propósitos eram melhorar o Layout da empresa e reduzir os gastos com movimentações desnecessárias de colaboradores, posicionamento mais dinâmico da linha produtiva e também a necessidade de algumas melhorias (novas pontes rolantes).

O objetivo planejado para o processo era a “Redução de 50% de NVAA (atividades que não agregam valor ao produto)” e “Aumento de 15% da capacidade produtiva”. Foram utilizadas outras ferramentas em conjunto com o Kaizen, como o diagrama de causa e efeito (Ishikawa), o MasterPlan e também o 5W1H. Todas essas ferramentas alimentaram o Kaizen em pelo menos alguma de suas etapas.

Foram encontradas várias dificuldades durante o processo de aplicação do Kaizen, fatores que estenderam o tempo de aplicação da ferramenta na empresa. São eles:

a) Questões financeiras: altos gastos para instalação de nova ponte rolante de movimentação e nova instalação de máquinas pesadas;

b) Paradas não programadas da fábrica para aplicação de planos feitos;

c) Dificuldade dos colaboradores de se adaptarem ao novo layout da fábrica;

d) Falta de tempo para parada total da fábrica para modificação no layout, pois a carteira da fábrica estava cheia de pedidos;

e) Dificuldade de se encontrar de fato um layout perfeito para a fábrica diante das inúmeras condições.

Assim, após resolver as dificuldades, a empresa pôde aplicar todo o planejamento feito através do Kaizen. Foram feitas alterações nos layouts do Setor de Caldeiraria, do Setor de Usinagem, instalação de nova caçamba de sucata perto do setor produtivo, instalação de uma nova ponte rolante para reduzir o tempo de setup do processo de usinagem, criação de um novo almoxarifado para a Usinagem, separando essa demanda do almoxarifado da Caldeiraria e realocação dos equipamentos de forma a se obter uma rotina mais eficiente de

produção. A alteração de layout realizada com a execução do programa é mostrada na Figura 1, onde o layout anterior é visto a esquerda e o layout posterior a aplicação do programa é visto á direita.

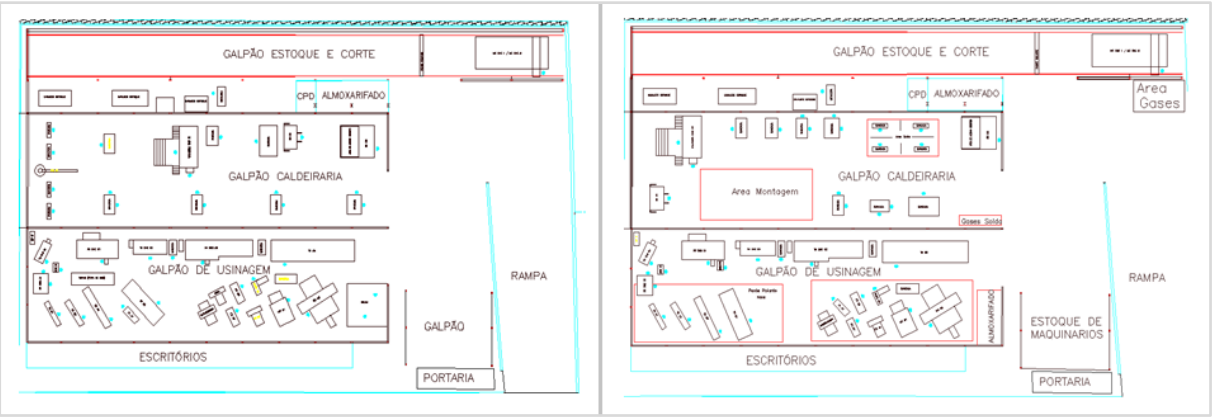


Figura1. Representação dos layouts anterior e posterior ao programa Kaizen.

Ao analisarmos os resultados finais do programa, pôde-se observar que os custos relacionados à movimentação desnecessária de funcionários e a falta de espaço para os setores de caldeiraria foram solucionados, sendo o retorno sobre o investimento satisfatório, ao ponto que o programa gerou PayBack inferior a um mês. Os resultados financeiros do programa Kaizen podem ser vistos na Figura 2.

Proposta:				**Data**	
Redução de NVAA em toda a Fabrica					18/11/2015
Origem da proposta: 5s e Laen Manufacturing				**Setor: FER**	
Custos			**Benefícios**		
Itens	**Valores totais**		**Itens**	**Valores totais**	
Capacitação Lean Manufacturing	R$	2.100,00	*Redução do NVAA de Deslocamento*	R$	118.083,00
Material de Cosntrução (4500Kg)	R$	13.500,00	*Venda de sucata*	R$	14.000,00
Pintura e Organização	R$	3.000,00	*Aumento da capacidade produdiva (sugeito a demanda do mercado) (ganho estimado de capacidade produtuva em Reais/ano)*	R$	280.000,00
Horas internas nas modifcações e fabricações	R$	20.000,00	*Disponibilização de área interna(expessar em R$/m²) (ganho 390m2 x R$1500,00/m2)*	R$	585.000,00
Compra de Armários	R$	6.745,00	*Venda de Equipamento obsoleto*	R$	40.000,00
Talhas para ponte Rolante	R$	9.000,00			
Barramento e cabos para ponte rolante	R$	7.500,00			
Custo Total ==>	R$	61.845,00	Benefício Total ==>	R$	1.037.083,00
B/C >>>	*1037083/61845 =>*		16,77		
Benefício Líquido Proposto ANO	R$	975.238			
Duração do projeto			**Legenda B/C**	**Pay Back**	
Previsão de início	01/07/2015		B/C > 0,5 Satisfatório	(Retorno do investimento)	
Previsão de término	06/11/2015		B/C < 0,5 Não satisfatório	0,06 ANOS ou 0 MESES	
Tempo total para implementação	128 dias				

Figura2. Resultados obtidos com a implementação do programa Kaizen.

Como pode ser observado, foram gastos R$61.845,00 para implementação do Kaizen,sendo o benefício total calculado na quantia de R$1.037.083,00. Este fato nos mostra que a execução de pequenasinterferências em um processo produtivo de uma empresa de porte médio pode significar altíssimos custos desnecessários. Para a implantação do programa Kaizen, foram necessários 128 dias de implementação, sendo os resultados completamente satisfatórios, em que se resolveu mais da metade dos problemas enfrentados pela organização.

A seguir, na Figura 3, é apresentado o Tabelão Kaizen construído na empresa, que mostra em totalidade as etapas do projeto de implementação do programa Kaizen na organização.

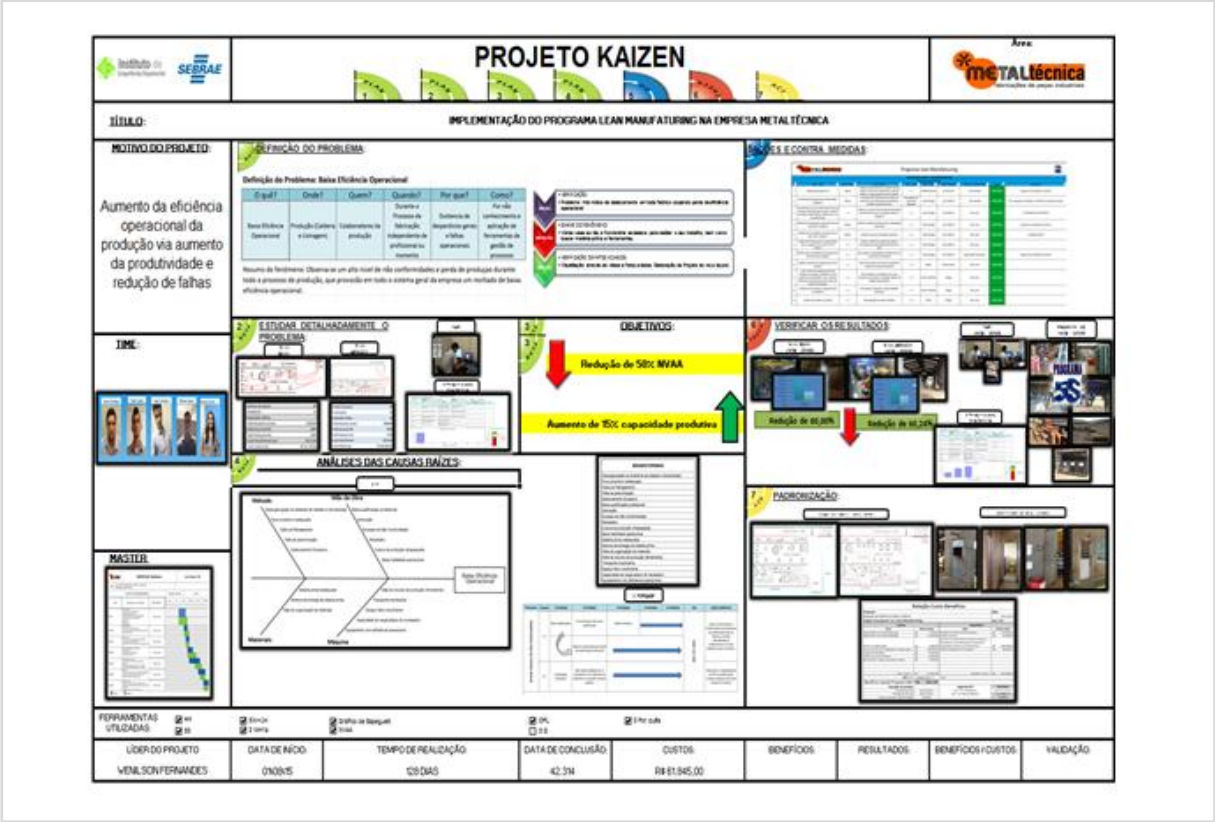


Figura3. Tabelão Kaizen utilizado pela empresa no processo de implementação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise de como uma ferramenta da qualidade pôde melhorar a apuração dos resultados de uma empresa da cidade de João Monlevade. Além disso, também permitiu uma pesquisa para obter informações mais consistentes sobre as etapas do processo, viabilizando mais conhecimento sobre as ferramentas estudadas no decorrer do semestre letivo.

Observa-se que, através da utilização da ferramenta Kaizen, a organização obteve desenvolvimento satisfatório, tendo como base os resultados expostos na Figura 4, onde a empresa passou a auferir maiores lucros principalmente devido ao aumento da produtividade e à disponibilização de área interna.

Ainda com base nos resultados obtidos, percebe-se que a ferramenta Kaizen trouxe melhorias significativas para a empresa, desde redução de custos à melhor disposição do maquinário. O PayBack obtido foi em tempo menor que o esperado, tendo-se o retorno do investimento inicial em menos de um mês de implementação da ferramenta.

De um modo geral, a utilização da ferramenta Kaizen na empresa. permitiu a redução da NVAA, ou seja, das atividades que não geram valor ao produto e geravam altos gastos para a empresa, visto que os clientes não estavam dispostos a pagar por isso. Desta maneira, os objetivos propostos foram realmente alcançados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, R. A., COSTA, F. N., FERREIRA, L. M. L., NUNES, C. E. D. C. B., ALVES, I. B. S. **Elaboração e implementação de um plano de manutenção com auxílio do 5s: metodologia aplicada em uma microempresa**. In: XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Anais, 2009.

BRIALES, J. A. **Melhoria contínua através do Kaizen: estudo de caso Daimlerchrysler do Brasil**. 2005, 156 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da qualidade no estilo japonês**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992.

CANDELORO, R. **Não Tenha Dúvidas: Método 5W2H**. 2008. Disponível em <http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/nao-tenha-duvidas-metodo-5w2h/26583/> Acesso em 15 de março de 2017.

FALCONI, C. V. **TQC- Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 8ª Edição. Belo Horizonte, MG: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999. p.15.

HORNBURG, S., WILL, D. Z., GARGIONI, C. **Introdução da Filosofia de Melhoria Contínua nas Fábricas através de eventos Kaizen**. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2007.

IMAI, M. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo**. 5. ed. São Paulo: IMAM, 1994.

LINS, B. F. **Ferramentas básicas da qualidade**. Ciência da Informação, 1993.

MOURA, L. R. **Qualidade simplesmente total: uma abordagem simples e prática da gestão da qualidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark ed., 1997.

MINUCCI, A. **Técnicas do trabalho de grupo**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

WOMACK, J. P; JONES, D. T. & ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Campus. 5a Edição. Rio de Janeiro, 1992.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DA ÁGUA DA CHUVA: UM ESTUDO DE CASO SOBRE A IMPLANTAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA

[1]**José Naves, Edilson** (edilsonnaves@yahoo.com.br)
[2]**Antonio Rodrigues, Roger** (roger.rodrigues@unis.edu.br)

Centro Universitário do Sul de Minas / UNIS MG – Departamento de Engenharia
Avenida Alzira Barra Gazzola, 650, Bairro Aeroporto, Varginha, Minas Gerais, Cep 37031-099

RESUMO: Este trabalho trata o tema Engenharia da Sustentabilidade e analisa a viabilidade de um projeto de captação de água pluvial para aproveitamento em uma indústria metalúrgica. Devido ao apelo da sociedade em se economizar recursos hídricos, torna-se importante o estudo de métodos de captação e aproveitamento de água pluvial, contribuindo com a preservação do meio ambiente e gerando redução de despesas financeiras. Para análise da viabilidade econômica relativa à implantação de um sistema de captação de água pluvial, foi realizado um estudo de caso utilizando-se como referência uma indústria metalúrgica onde já havia um sistema implantado, mas com indevido atendimento à demanda. Através de levantamentos realizados *in-loco* e verificação das capacidades de coleta e armazenamento, propôs-se a ampliação do sistema existente a fim de atender às atividades da empresa que não necessitam de água potável para sua realização. Ao final, por meio de ferramentas matemático-financeiras, ficou comprovada a viabilidade econômica do sistema estudado, mesmo com a necessidade de melhoramentos e ampliação.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Aproveitamento de água; Indústria metalúrgica.

ECONOMIC FEASIBILITY OF RAINWATER USE: A Case Study On The Implantation In A Metallurgical Industry

ABSTRACT: This work deals with the theme of Sustainability Engineering and analyzes the feasibility of a rainwater harvesting project for use in a metallurgical industry. Due to the society's call to save water resources, it is important to study rainwater harvesting and use methods, contributing to the preservation of the environment and reducing financial expenses. In order to analyze the economical feasibility of installing a rainwater harvesting system, a case study was carried out using a metallurgical industry where a system was already in place, but with an undue demand. Through on-site surveys and verification of collection and storage capacities, it was proposed to expand the existing system in order to meet the company's activities that do not require drinking water for its realization. At the end, through the mathematical-financial tools, the economic viability of the studied system was proved, even with the need for improvements and expansion.

Keywords: Sustainability; Water use; Metallurgical industry.

1. INTRODUÇÃO

A questão ambiental tem se mostrado muito relevante nos dias atuais, sendo alvo de diversas discussões em todos os meios sociais. Em um tempo em que é claramente observada a dificuldade de se manter um abastecimento de água contínuo e de qualidade, bem como a escassez desse bem natural, faz-se necessário o estudo da utilização de métodos de captação e reaproveitamento de água pluvial a fim de contribuir com a preservação do meio ambiente.

Dessa forma, a presente pesquisa tem como tema a Engenharia da Sustentabilidade e visa a análise de viabilidade de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma indústria metalúrgica situada no sul de Minas Gerais, demonstrando seus benefícios econômicos e sociais.

Um dos grandes empecilhos que as indústrias muitas vezes encontram no processo de execução desse modelo de sistema é a relação custo/benefício, já que para a realização da obra é necessário seguir rigorosamente diversos requisitos e todas as etapas são necessárias para que o projeto funcione de maneira adequada, segura e eficiente, gerando resultados satisfatórios.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho é um estudo de caso envolvendo a análise de um sistema de captação de água pluvial existente em uma empresa, bem como sua ampliação e viabilidade econômica. Caracteriza-se como uma pesquisa aplicada (GIL, 2008) com investigação, aplicação, utilização e verificação de possíveis consequências como sua característica principal. Tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema sustentável no local de sua aplicação, aproveitando determinado volume de água das chuvas em seus processos, além de reduzir o lançamento do mesmo excesso diretamente em vias públicas e gerar economia financeira em relação ao consumo de água potável.

Inicialmente foi realizado um estudo bibliográfico, abordando os tipos de sistemas de captação de água pluvial, bem como o levantamento de equipamentos necessários para sua instalação. Utilizando-se de ferramentas eletrônicas e o *software* Excel, foram criados elementos de composição da pesquisa como planilhas e coleta de dados pluviométricos e investigação local, a fim de estabelecer a análise do sistema já existente, bem como redimensionamento em caso de não atendimento à demanda exigida.

Para definição do potencial de captação do sistema e cálculo do volume de água a ser aproveitado foram analisados os seguintes dados:

- Precipitação local e índices pluviométricos;
- Delimitação da área superficial do telhado destinada à captação;
- Eficiência de escoamento do telhado;
- Eficiência no sistema de filtragem.

Estas variáreis possibilitaram uma estimativa mais próxima da realidade, auxiliando no direcionamento da água a ser aproveitada nas diversas atividades da indústria que não exigiam a utilização de água potável.

Definido o volume de água pluvial a ser aproveitado, estimou-se, então, o consumo mensal a ser utilizado. Foram utilizados modelos matemáticos para estas verificações, conforme indicado por Miguel (2011). Assim, também foi observada a relação casual entre duas variáveis de um sistema sob condições controladas, conforme orientado por Miguel (2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A empresa estudada possuía um sistema de captação de água existente, mas praticamente desativado devido à falta de um plano para direcionamento e aproveitamento da água captada. Com o intuito de verificar o real funcionamento desse sistema bem como sua suficiência para atender às atividades propostas, foram realizadas coletas de dados e verificação dos dimensionamentos. Com isso, foi possível analisar o sistema desde a área destinada à captação, passando pelos coletores horizontais (calhas), coletores verticais e reservatórios, comparando o volume armazenado com a demanda a ser atendida.

Parte do telhado do galpão da empresa foi usado para captação do sistema implantado, perfazendo uma área de 339,38m², divididos em duas unidades de captação (condutores horizontais) - a unidade 01 com área total de 300,00m² e a unidade 02 com 39,38m² - ambas lançando sua coleta em dois reservatórios interligados de 5.000l cada. Foi necessário ficar atento às verificações normativas no que diz respeito à quantidade de precipitação e volume a ser aproveitado, pois estima-se uma perda por evaporação, vazamentos, dentre outros, entre 10% e 33% (coeficiente de *Runoff*) conforme sugerido pela NBR 10.844/1989.

Para o cálculo do volume de precipitação, utilizou-se de dados de intensidade para a região de Belo Horizonte/MG, conforme citado pela NBR 10.844/1989, pela ausência de dados pluviométricos para a cidade de Coqueiral / MG. Assim chegou-se à vazão de 1.284,00 l/min. para a unidade de captação 01 e 148,89 l/min. para a unidade de captação 02.

Sendo feito o levantamento das vazões de captação, tornou-se possível a verificação das dimensões dos condutores horizontais (calhas) e condutores verticais existentes. Estes, conforme orientações de verificação sugeridas pela NBR 10.844/1989, atenderam o sistema de forma satisfatória.

Verificado todo o sistema, tornou-se necessária também a verificação dos reservatórios existentes, a fim de confirmar seu atendimento ao volume de precipitação. Para tanto, utilizou-se do método de Azevedo Neto indicado pela NBR 15527/07, onde são levados em conta a precipitação pluviométrica anual média (novamente utilizada para a região de Belo Horizonte / MG), a área de captação e o número de meses com pouca chuva ou seca. Assim chegou-se a um volume de reservatório de 12.830 litros, o que sugere ampliação no volume dos reservatórios existentes, estes com apenas um total de 10.000 litros.

3.1 Viabilidade econômica do sistema de aproveitamento de água pluvial

Tendo o sistema de aproveitamento de água pluvial se mostrado vantajoso a princípio, levando-se em conta a economia de água e de recursos financeiros que estaria gerando para a empresa, tornou-se necessária uma análise de custo/benefício para a consolidação da ampliação de suas instalações, demonstrando, assim, se haveria viabilidade econômica ou não.

Procurando atender à nova demanda de água não potável que estaria sendo utilizada pelas atividades secundárias da empresa, todo o sistema passou por um redimensionamento. Utilizaram-se novamente de conceitos embasados pelas normas NBR 10.844/1989 e NBR 15.527/2007 para proceder ao dimensionamento de uma nova área de cobertura a ser utilizada para captação de água pluvial, bem como redimensionamento de condutores horizontais, verticais e reservatórios.

A nova unidade de captação foi estimada em aproximadamente 800,00m² para ampliação do sistema proposto, totalizando uma área de aproximadamente 1.140,00m². Para

armazenamento do volume demandado, estimou-se um reservatório complementar de 35,00m² interligado aos demais já existentes.

Em relação aos custos do sistema, foram levantados todos os valores de equipamentos, instalações e reservatórios, sendo considerados também os gastos gerados pelo sistema já implantado, bem como adaptações necessárias, tendo estes se apresentados da seguinte forma:

- Custo do sistema já implantado: R$ 4.860,00;
- Custo de ampliação do sistema: R$ 28.700,00;
- Custo total do sistema: R$ 33.560,00

Segundo Guilherme (2006), um sistema de capitação de água pluvial como um todo gera um custo de manutenção anual de aproximadamente R$ 100,00, tendo uma vida útil fixa em 20 anos.

Para uma comparação financeira a fim de verificar a viabilidade econômica do sistema proposto, utilizou-se do método de cálculo do valor presente líquido (VPL). Com ele foi possível demonstrar um comparativo capaz de indicar qual a melhor decisão a ser tomada entre a implantação do sistema ou a utilização de água fornecida pela empresa de abastecimento local.

O princípio básico do método apresentado (VPL) é transformar receitas ou gastos futuros em “dinheiro equivalente hoje”, convertendo as movimentações futuras de um projeto em um único valor no presente, o que facilita a tomada de decisão. O resultado calculado que se mostrar “mais” positivo ou “menos” negativo indica o melhor projeto. A equação 01 a seguir demonstra o método de cálculo do valor presente líquido (VPL):

$$\sum_{t=0}^{n} \frac{Ft}{(1+k)^t} \qquad (01)$$

$$\sum_{t=0}^{n} \frac{Ft}{(1+k)^t} \qquad (01)$$

Onde:
Ft = fluxos previstos de receitas (entradas) ou despesas (saídas) no período “t”;
t = período de análise;
k = taxa mínima aceitável (TMA);
n = vida útil do projeto (anos).

Para o cálculo do “VLP” foram considerados n = 20 e t = 20. A taxa mínima aceitável (k) é fixada em 10%. Bastou-se, então, encontrar o fluxo previsto de receitas ou despesas de cada uma das situações e aplicá-lo à fórmula.

Sendo considerado como “projeto 1” a utilização da água fornecida pela empresa de abastecimento local e como “projeto 2” a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, chegou-se aos seguintes valores calculados de VPL:

- Projeto 1: VPL = -R$ 80.801,46
- Projeto 2: VPL = -R$ 31.283,05

Assim, verificou-se a maior viabilidade econômica em aderir ao Projeto 2, ou seja, a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, mesmo necessitando de um investimento inicial alto, mostrou-se economicamente viável ao longo de sua vida útil.

O tempo de retorno financeiro do sistema foi calculado levando-se em consideração o valor total de implantação (R$ 33.560,00) correlacionando com as despesas que seriam

geradas caso não existisse (em torno de R$ 10.440,00/ano). Assim, chegou-se ao tempo de retorno de 3,21 anos, ou seja, em menos de 3,5 anos o sistema se pagaria e a empresa deixaria de gastar R$ 10.440,00/ano com atividades ligadas direta ou indiretamente ao consumo de água.

4. CONCLUSÕES

Através das análises realizadas em um sistema de captação de água pluvial que se encontrava praticamente desativado em uma empresa, constatou-se que este poderia ser melhorado e ampliado, vindo a beneficiá-la de forma econômico-financeira. A grande economia gerada por um consumo consciente de água, bem como a possibilidade de implantação de novas atividades que utilizariam de água não potável para suas realizações, motivaram um estudo das condições locais a fim de se verificar a viabilidade econômica do sistema proposto.

Os resultados obtidos mostram que, implantando o novo sistema e utilizando-o da forma prevista, este se pagará em menos de três anos e três meses. A partir deste período e durante sua vida útil, a empresa será beneficiada economicamente com a redução de gastos relacionados ao abastecimento de água. Contudo, novos levantamentos poderão ser realizados ao longo da atividade do sistema para comprovação de sua eficiência econômica e financeira.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844:** Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989. dez.

_____. **NBR 15527:**Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007. set.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUILHERME, L. B.**Aproveitamento das águas de chuva da cidade do Natal para fins potáveis.**.Natal, 2006. 141p. Dissertação (Mestre) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

Área:

Engenharia Florestal

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MORFOLÓGICA DA MADEIRA *CEREUS JAMACARU* DC, CACTACEAE

[1]**Silveira, Mariana** (mariana.nalisi@gmail.com.br), [1]**Menali, Luisa** (luisamenaali@hotmail.com), [2]**Zidanes, Uasmim** (uasmimzidanes@hotmail.com), [2]**Dias, Matheus**(matheus.cordasso@gmail.com), [1]**Ferreira, Saulo**(sr.ferreira@hotmail.com)

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000
[2]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Ciências Florestais
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: A busca por matérias-primas que atendam as premissas do desenvolvimento sustentável é fundamental e os cactos, família das cactáceas, se apresentam como boa alternativa. Além de se tratar de um recurso renovável, esse tipo de vegetal possui capacidade de adaptação aos mais diversos ecossistemas, não sendo exigentes quanto ao solo, clima e presença de água. Apesar da utilização para ornamentação, produção de cosméticos dentre outras aplicações, os cactos possuem interiormente uma estrutura lenhosa ainda pouco explorada. Diante a possibilidade de agregar valor ao produto através da geração de novas tecnologias, o objetivo da pesquisa foi caracterizar física, química e morfologicamente a espécie *Cereus Jamacaru*. Para caracterização físico-química foram realizados ensaios normatizados pela ABNT e também o ensaio de termogravimetria enquanto que a análise morfológica se deu através de microscopia óptica. Os resultados indicam que a densidade da madeira de cacto é de 0,34±0,01 g/cm³ e sua composição química se aproxima de: 18,2% de extrativos, 1,7% de lignina, 21,4% de celulose, 16,2% de hemiceluloses e 36,4% de cinzas. As fibras apresentam valores médios de comprimento e diâmetro de 801,74 ± 206,51 μme 34,64 ± 7,70 μm, respectivamente.

Palavras Chave: Desenvolvimento sustentável; Matéria-prima alternativa; Caracterização físico-química; Análise morfológica; Madeira de Cacto.

PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION AND MORPHOLOGICAL OF THE WOOD *CEREUS JAMACARU*DC, CACTACEAE

ABSTRACT: The search for raw materials that follow the premises of sustainable development is fundamental and cacti (*Cactaceae*), presented as good alternative. In addition it is a renewable resource, this kind of plant have the ability to adapt to the most varied ecosystems, not fussy about soil, climate and the presence of water. Despite the use for ornamental purposes, cosmetic production among other applications, cacti have inwardly a woody structure still little explored. On the possibility of adding value to the product through the generation of new technologies, the goal of the research was to characterize physics, chemistry and morphologically the species *Cereus Jamacaru*. For physical-chemical characterization, standardized tests were performed by the ABNT and also term tests, while the morphological analysis was done by optical microscopy. The results indicate that the wood density is of 0.34 ± 0.01 g/cm ³ and your chemical composition approaches: 18.2% of extractives, 1.7% of lignin, 21,4% of cellulose, 16.2% of hemicelluloses and 36,4% of ashes. The fibers present average values of length and diameter of 801.74 ± 206.51 μm and 34.64 7.70 ± μm, respectively.

Keywords: Sustainable development; Alternative raw material; Physico-chemical characterization; Morphological analysis; Cactus wood.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento acelerado da humanidade provoca sérios prejuízos ambientais principalmente devido à elevada extração de recursos minerais e naturais. Nesse contexto, surge a necessidade da busca de novos recursos e tecnologias,que se adequem ao desenvolvimento sustentável (FERREIRA, 2016; MESQUITA, 2015).

De acordo com Gloria (2015), a indústria da construção civil é a maior consumidora de recursos naturais e é também grande geradora de resíduos. Uma das soluções encontradas por esse setor foi o desenvolvimento de técnicas e materiais não convencionais a partir do uso de fontes lignocelulósicas alternativas como bagaço de cana e fibras naturais (FERREIRA, 2016; MESQUITA, 2015; SOLTAN, 2017). As principais vantagens desses materiais lignocelulósicos são a possibilidade de aprisionamento temporário de gás carbônico dependendo da aplicação e o fato de serem renováveis.

Os cactos, família *Cactaceae*, são materiais lignocelulósicos que se apresentam como uma fonte inovadora e de grande potencial competitivo no mercado atual. Possuem grande capacidade de adaptação, sendo capazes de sobreviverem em regiões de estresse hídrico que apresentam altas temperaturas, baixa umidade e solo pobre.

Atualmente, as cactáceas são principalmente utilizadas para ornamentação, alimentação animal e produção de cosméticos sendo subutilizadas na construção civil. Têm-se registros de uso de algumas espécies ao redor do mundo como “cerca viva” em substituição as contenções convencionais e em algumas regiões não arborizadas da Bolívia, Argentina e Venezuela as mesmas são utilizadas para construção de casas e também como lenha (HEWITT, 1993)

O *Cereus jamacaru*, pertence ao gênero *Cereus* que possui aproximadamente 34 espécies, as quais são de porte arbustivo-arbóreo, hábito de crescimento colunar e caule com conformação angular caracterizado por apresentar grandes aréolas com formações espinhosas e antese noturna (ANDERSON, 2001).

O mandacaru, nome popular da espécie, possui origem brasileira, sendo amplamente encontrado no nordeste nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e norte de Minas Gerais (LORENZI, 2016). Segundo Sales*et al.* (2014), essa espécie de cacto é uma das que tem maior importância econômica, medicinal e ambiental na região.

O conhecimento sobre o *Cereus jamacaru*, sua aplicabilidade e seu potencial na geração de novas tecnologias que lhe agreguem maior valor é escasso. Surge, portanto a necessidade de se fazer uma caracterização desse material para que se conheçam as suas propriedades físicas, químicas e a sua morfologia e seja possível verificar sua potencialidade na fabricação de papéis, painéis e compósitos cimento-madeira, sendo esse o objetivo do trabalho.

2. METODOLOGIA

2.1 Aquisição e preparação inicial

O cacto da espécie *Cereus Jamacaru* foi fornecido por fazendeiros locais da cidade de Barueri, estado de São Paulo. A madeira foi extraída da base da árvore adulta com três anos por corte manual. Após o corte as seções passam por processo de secagem e são embaladas.

Para a caracterização química, as seções que se apresentavam em formatos e aspectos distintos foram separadas em duas categorias: uma contendo lenho de mandacaru com aspecto mais lenhoso e outra com aspecto mais folhoso (Figura 1). Em seguida, as amostras foram moídas e peneiradas para obtenção de granulometria entre 35 e 60 mesh.

Para caracterização física e análise morfológica foram utilizados fragmentos lenhosos originais.

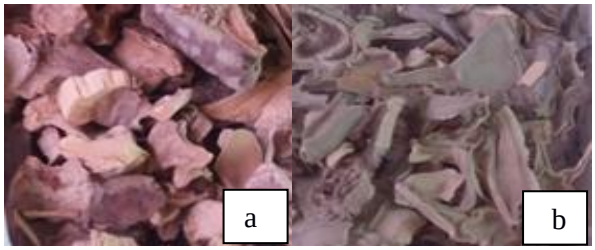


Figura 1. Comparação entre as amostras lenhosas (a) e folhosas (b)

2.2 Caracterização química

A quantificação dos extrativos totais foi feita a partir de uma adaptação da norma NBR 14853 (ABNT 2010). Foi realizada extração com acetona por 5 horas em Extrator Soxhlet e uma extração final com água quente.

A quantificação da lignina insolúvel foi feita de acordo com a norma NBR 7989 (ABNT 2010). Foi realizado método de hidrólise tratando as amostras livres de extrativos com ácido sulfúrico (H_2SO_4) 72% por um período de 2 horas em banho-maria a temperatura ambiente. Após hidrólise as amostras passaram por processo de fervura durante 4 horas e foram filtradas, com auxílio de uma bomba a vácuo, em cadinhos porosos forrados com celulose.

Para determinação do teor de cinzas foi utilizada a norma NBR 13999 (ABNT 2003).

O teor de holocelulose foi obtido seguindo-se inicialmente o procedimento descrito por BROWNING (1963), no qual amostras são colocadas em solução com 125 mL de água, 3mL de clorito de sódio ($NaClO_2$) 30% (m/v) e 2 mL de ácido acético (1:5, v/v). A solução permaneceu em banho-maria à temperatura ambiente por aproximadamente 4 horas e foi repetida a adição de solução de ácido acético e clorito de sódio a cada 45 minutos.

Partindo-se da holocelulose seca o teor de celulose e hemiceluloses foi determinado seguindo-se procedimento descrito por KENNEDY*et al.* (1987).

2.3 Caracterização física

Para determinação da densidade básica da madeira e da capacidade de absorção de água foi utilizado procedimento adaptado ao descrito na norma NBR 11941(ABNT 2003). Pequenasseções de mandacaru foram deixadas submergidas em água até o ponto de saturação e após isso tanto sua massa quanto o volume saturado foram medidos. Após 72 horas em estufa a 103 ± 2 °C sua massa seca foi aferida.

2.4 Caracterização morfológica das fibras

Para a caracterização morfológica quantitativa das fibras do *Cereus Jamacaru* foi realizado o procedimento descrito por Franklin (1945) para produção de macerado para análise em microscópio óptico. Pequenos cavacos foram acometidos em solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio (20 volumes) na proporção 1:1 e transferidos para uma estufa onde permaneceram por 24 horas a temperatura de 60ºC.Após lavagem com água destilada foi adicionado à amostra safranina. Por fim, lâminas provisórias foram confeccionadas para análise das fibras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras com aspecto mais folhoso apresentaram maior teor de lignina, celulose hemiceluloses e extrativos em relação às lenhosas que apresentaram um teor elevado de cinzas atingindo quase 40% da sua massa total (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química da espécie *Cereus Jamacaru*

Teor(%)	Extrativos Totais	Lignina Insolúvel	Celulose	Hemiceluloses	Cinzas
Folhosas	29,1	7,4	30,0	17,8	19,3
Lenhosas	18,2	1,7	21,4	16,2	36,4

O teor de celulose é representativo principalmente para as folhosas, sendo favorável uma vez que a estrutura da celulose exerce grande influência nas propriedades físicas e mecânicas das fibras (FONSECA *et al.*, 2013), como elasticidade e resistência à tração, propriedades desejáveis para elementos construtivos. As hemiceluloses, cujo teor é considerável e bastante próximo para folhosas e lenhosas, podem provocar propriedades desvantajosas como higroscopia, inchamento e plasticidade.

O teor de lignina foi o mais baixo tanto para lenhosas como folhosas. Essa estrutura química age como redutora natural da susceptibilidade à degradação da madeira. A baixa concentração apresentada pelo *C. Jamacaru* pode, portanto, acarretar em maiores custos com tratamentos e produtos que evitem essa degradação.

As análises químicas apontaram um elevado teor de extrativos tanto para folhosas como lenhosas. Esses extrativos podem ser prejudiciais na produção de compósitos cimento-madeira ocasionando incompatibilidade entre os dois materiais e afetando a pega ou hidratação do cimento (HOFSTRAND *et al.*, 1984; LATORRACA, 2000). Aumenta em muito também o tempo de cura desses compósitos tornando sua produção inviável por afetar os custos de produção e as propriedades finais do compósito (SOUZA, 1992). O elevado teor de cinzas também pode ser um fator prejudicial para possíveis aplicações industriais.

Para as seções de aspecto mais lenhoso foi também avaliado a densidade básica. O valor médio obtido foi de 0,34±0,1 g/cm³. Seguindo a classificação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (1985) a madeira do *Cereus Jamacaru* pode ser classificada como de baixa densidade já que o valor 0,34 g/cm³ é menor do que 0,50 g/cm³. O valor de densidade básica encontrado está coerente com os resultados da composição química uma vez que a categoria mais lenhosa apresentou uma porcentagem muito alta de cinzas e extrativos que possuem baixo peso molecular. O fato de a densidade da madeira do mandacaru ser baixa é positivo, pois, é possível que se consiga produzir elementos construtivos de mesmo volume dos utilizados no mercado atual com menor peso o que facilitaria a utilização e ainda reduziria custos com o sistema infraestrutural da construção. Em especial para painéis fabricados com madeira de menor densidade é possível alcançar propriedades mecânicas superiores considerando painéis de mesma densidade final produzidos com madeira de diferentes densidades.

A partir do macerado e da análise em microscópio óptico foi possível obter imagens das fibras do lenho do mandacaru. Duas delas estão apresentadas na Figura 2.

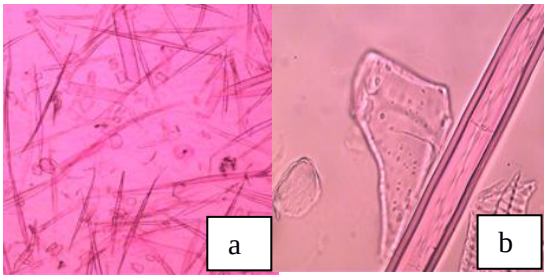


Figura 2. Cortes tangenciais da fibra do Cereus Jamacaru com lente objetiva respectivas de 4x (a) e 40x (b)

A partir das imagens geradas com lente objetiva de 4x e com auxílio do software *Image J* foi possível medir o comprimento das fibras. Com as imagens geradas com lente objetiva de 40x obteve-se e a espessura do lume, da parede celular e o diâmetro das fibras (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização morfológica dimensional das fibras do *Cereus Jamacaru*

	Comprimento	Diâmetro	Espessura lume	Espessura Parede Celular
Valor médio (µm)	801,74	34,64	19,14	7,75
Desvio Amostral (µm)	206,51	7,70	7,15	1,88

As fibras de mandacaru, de acordo com a IAWA (1989) são consideradas curtas. O comprimento da fibra influencia na resistência a tração e ao arrebentamento. Outro dado importante é a espessura da parede da fibra, pois este é um dos fatores que mais se relaciona com a resistência da celulose, e fibras com paredes mais espessas possuem maior teor relativo de celulose do que paredes mais delgadas (FOELKEL, 1977).

As fibras também apresentaram paredes celulares finas em relação ao diâmetro, o que colabora com a baixa densidade encontrada, já que esta é uma propriedade diretamente proporcional à espessura da parede.

4. CONCLUSÃO

Estudos mais aprofundados são necessários para se ter maior clareza da potencialidade da madeira*Cereus Jamacaru*, no entanto, a análise dos resultados desse estudo inicial aponta vantajosas característicasquímicas, físicas e morfológicaspara possíveis aplicações industriais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, E. F. **The cactusfamlily**. Portland: Timbre Press. 777 p. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, **NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira**, Rio de Janeiro, 1997, 107 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, **NBR 14853 -Madeira - Determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano.** Rio de Janeiro, 2002, 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, **NBR 7989- Pasta celulósica e madeira: determinação de lignina insolúvel em ácido.**Rio de Janeiro, 1998, 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT**, NBR 11941** - **Madeira - Determinação da densidade básica.** Rio de Janeiro, 2003, 6p.

BROWNING, B. L. **The chemistry of wood**.Warrenvile: Interscience, 1963, p.689.

FERREIRA, S.R. **Effect of surface treatments on the structure, mechanical, durability and bond behavior of vegetable fibers for cementitious composites.**2016. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2016.

FOELKEL, C. E. B. **Estrutura da madeira**. 85p. 1977. Disponível em: http://www.celsofoelkel.com.br/artigos

FONSECA, A. S. *et al.* Properties of an Amazonian vegetable fiber as a potential reinforcing material. **Industrial Crops & Products**, v. 47, p. 43–50, 2013.

FRANKLIN, G.L. **Preparation of thin sections of synthetic resin and wood: resin composites, and a new macerating method for wood.**Nature, London, v.155, n.3924, p.5, 1945.

GLORIA, M. Y. R. da.**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PAINÉIS SANDUÍCHES DE CONCRETO COM NÚCLEO LEVE E FACES EM LAMINADOS REFORÇADOS COM FIBRAS LONGAS DE SISAL.** 2015.133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2015.

HEWITT, T. **The complete book of Cacti & Succulents.**1ª Ed. New York. Dorling Kindersley Limited, 1993.

HOFSTRAND, A. D.; MOSLEMI, A. A.; GARCIA, J. F. Curing characteristics of wood particles from nine northern Rocky Mountain species mixed with Portland cement. **Forest products journal**, v. 34, n. 2, p. 57-61, 1984.

IAWA Bulletin.**List of microscopic features for hardwood identification.** IAWA Bulletin, Utrecht, v.10(3), p.221-359, 1989.

KENNEDY, F. *et al.* **Wood and cellulosics: industrial utilisation, biotechnology, structure and properties**. Ellis Horwood Limited. Chichester: E. Horwood, p. 1130, 1987.

LATORRACA, J. V. F. **Eucaliptus spp. Na produção de painéis de cimento-madeira**. Curitiba. Tese (Doutorado em ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná. 191 p., 2000.

SALES, M. de S. *et al*. Cereus jamacaru de candolle (Cactaceae), o mandacaru do nordeste brasileiro. **Publicatio**, Ponta Grossa, v.20, n.2, p.135-142, jul./dez. 2014.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil.** V. 3 2ª ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2016.

MESQUITA, R.G.A.; MENDES, L.M.; MENDES, R.F.; TONOLI, G.H.D.; MARCONCINI, J. M.; Inclusão de feixes de sisal na produção de painéis MDP de eucalipto. **Scientia Forestalis (IPEF)** v.43, p.1-8, 2015.

SOLTAN, D.G.; das NEVES, P.; OLVERA, A.; SAVASTANO Junior, H.; LI, V.C.; Introducing a Curauá fiber reinforced cement-based composite with strain-hardening behavior**. Industrial Crops and Products**, v. 103, p.1-12, 2017.

SOUZA, M. R. **Effect of carbon dioxide gas in manufacturing cementbonded particleboard**. Idaho. Dissertação (Master of Science) - University of Idaho. 121 p., 1992.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS VELOCIMETRIA POR IMAGENS DE PARTÍCULAS E CORRELAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS PARA ANALISES DE DEFORMAÇÃO DE PAINÉIS OSB (*ORIENTED STRAND BOARD)* EM ENSAIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA.

[1]**Lima, Cássio Humberto** (cassiohead@hotmail.com), [2]**Pereira, Rodrigo Allan** (rodrigo.apereira@deg.ufla.br), [3]**Gomes, Francisco Carlos**(fcgomes@deg.ufla.br), [4]**Marcelino, Ana Laura** (analaura.marcelino.52@hotmail.com).

[1 2 3 4] **Universidade Federal de Lavras –** Departamento de Engenharia Caixa Postal 3037, Campus Universitário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000.

RESUMO: A utilização de materiais para fins estruturais demanda um amplo conhecimento de suas propriedades físicas e mecânicas para seu melhor desempenho. Dessa forma torna-se imprescindível a busca por novas metodologias que possam avaliar o comportamento desses materiais. No presente estudo objetivou-se aplicar as técnicas de Velocimetria por Imagens de Partículas (PIV) e a Correlação de Imagens Digitais (DIC) para avaliar as deformações, através de ensaios de flexão estática, dos corpos de prova de OSB (*OrientedStrandBoard)*. Verificou-se através de comparações com medições realizadas por relógio comparador (RC) que as técnicas PIV e DIC foram capazes de medir os deslocamentos durante o ensaio de flexão com precisão. Os resultados encontrados, demonstraram por meio de regressão linear em comparação entre as técnicas RC/DIC e PIV/DIC valores de R^2 superiores a 0,9838. Conclui-se que as técnicas PIV e DIC podem ser usadas para medir os deslocamentos em painéis OSB de maneira precisa e acurada.

Palavras Chave: ensaio não destrutivo, deslocamento, coeficiente de determinação

APPLICATION OF VELOCIMETRY TECHNIQUES BY PARTICLE IMAGES AND CORRELATION OF DIGITAL IMAGES FOR DEFLECTION ANALYSIS OF ORIENTED STRAND BOARD PANELS.

ABSTRACT: The use of materials for structural purposes requires a thorough knowledge of their physical and mechanical properties for their best performance. In this way, it is essential to search for new methodologies that can evaluate the behavior of these materials. The aim of this study was to apply the techniques of Velocimetry by Particle Imaging (PIV) and Digital Image Correlation (DIC) to evaluate the deformations through static bending tests of Oriented Strand Board (OSB). Comparisons with comparator clock measurements (RC) showed that the PIV and DIC techniques were able to measure displacements during the precision bending test. The results showed, by means of linear regression in comparison between RC / DIC and PIV / DIC techniques R^2 values higher than 0.9838. It is concluded that the PIV and DIC techniques can be used to measure displacements in OSB panels accurately and accurately.

Keywords: non-destructive test, displacement, coefficient of determination

1. INTRODUÇÃO

A madeira é empregada no Brasil para diversos fins, tais como, em construções de igrejas, residências, depósitos em geral, cimbramentos, pontes, passarelas, linhas de transmissão de energia elétrica, na indústria moveleira, construções rurais e, especialmente, em edificações em ambientes altamente corrosivos, como à beira-mar, nas indústrias químicas, curtumes, etc, (GESUALDO, 2003).

A madeira, sendo um material de origem biológicacom diferentes propriedades físicas e mecânicas, grande variabilidade entre espécies e indivíduos e comportamento anisotrópico, demanda de uma melhor avaliação de suas características e conhecimento de seu comportamento em fases de carregamento.

As metodologias convencionais utilizadas para caracterização e avaliação dos materiais necessitam de equipamentos que, muitas vezes estão disponíveis apenas em laboratórios e possui ainda impedimentos quanto a sua aplicação em campo. Desta forma, a aplicação de algumas metodologias convencionalmente utilizadas torna-se inviável em peças em uso como pilares e vigas. A utilização de técnicas não destrutivas para caracterização da madeira vem ganhando espaço devido à possibilidade de reutilização da peça testada, confiabilidade dos valores obtidos e rapidez de aplicação do método (DE PAULA, 2016).

Nos últimos anos, a avaliação não destrutiva da madeira tornou-se uma importante ferramenta na inferência de propriedades físicas e mecânicas deste material, devido, principalmente, ao baixo custo dos equipamentos, rapidez e praticidade dos testes, que podem ser aplicados por diferentes métodos, na avaliação dos parâmetros de qualidade da madeira (BALLARIN & NOGUEIRA, 2005).

As primeiras aplicações comerciais de sistemas de medição baseados na Velocimetria por Imagens de Partículas datam de 1997,conforme Raffel et al. (2007).Urban e Mungal (2001) aplicaram a técnica PIV em túnel de vento para obtenção de campos de velocidades bidimensionais em escoamento de alta velocidade.

A técnica de correlação de imagens digitais (DIC) funciona por meio de matrizes associadas a algoritmos computacionais sendo representadas por matrizes, que os elementos de imagem a qual correspondem a valores inteiros. A frente esses valores vão ser processados por programas específicos para calcular e determinar a posição na imagem. Essa metodologia garante o futuro desenvolvimento nas técnicas da fotogrametria digital, pois usa o alto grau de flexibilidade dos dados digitais, e a alta velocidade nos cálculos para desempenhar a correlação. A correlação digital se encontra em fase primaria de pesquisa, apesar de já estar induzida em nível de produção, buscando combinações de métodos para o melhor funcionamento e qualidade dos processos (STRAUCH, 1991).

No presente estudo objetivou-se aplicar as técnicas de Velocimetria por Imagens de Partículas (PIV) e a Correlação de Imagens Digitais (DIC) para avaliar as deformações dos corpos-de-prova de painéis de OSB.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios de flexão estática foram realizados em Máquina universal de ensaios (AROTEC®) com capacidade de carga de 300 kN. Para os ensaios foram utilizados corpos de prova retirados de painéis comerciais de OSB. A manufatura de todas os corpos de prova ocorreu no laboratório Unidade Experimental em Painéis de Madeira (UEPAM) no Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras, de acordo com os padrões internacionais de confecção de corpos de prova. Para os ensaios, foram utilizados uma câmera fotográfica digital profissional marca CANON EOS Rebel t3, jogo de lentes para ajuste de foco e zoom, pincéis ponta fina cor preta e a Máquina Universal de Ensaios.

Os painéis OSB foram produzidos com adesivo fenol-formaldeído, densidade de 0,65 g.cm-3 e dimensões de 244 x 122 x 1,5 cm (Comprimento, largura e espessura). Os corpos

de prova de flexão estática foram confeccionados conforme descrito pelas normas ASTM D1037 (ASTM, 2006) e DIN 52362 (NORMEN FÜR HOLZFASERPLATEN SPANPLATTEN SPERRHOLZ, 1982) com as dimensões de 25 x 5 x 15 cm (Comprimento, largura e espessura). Sendo posteriormente climatizados à temperatura de 22 ± 2 ºC e umidade relativa de 65 ± 5% antes da realização dos ensaios.

Inicialmente foi posicionado os relógios comparadores, um no centro do corpo-de-prova e outros dois na metade da distância entre os apoios e o ponto de aplicação das cargas. Para a captura das imagens foi utilizado uma câmera profissional digital (CANON EOS Rebel t3) posicionada perpendicularmente a superfície das amostras, com 25cm de distância. A captura das imagens foi realizada com o auxílio de um controle remoto para evitar qualquer ruído na câmera fotográfica. Posteriormente à realização dos ensaios, as imagens foram processadas nos algoritmos PIV e DIC. Esses procedimentos visam aos cálculos dos deslocamentos de uma janela de interrogação posicionada na imagem sem carregamento em relação às fotos subsequentes. A partir da comparação dos resultados obtidos pelo método convencional, relógios comparadores (RC) e as técnicas PIV e DIC, observou-se a necessidade de uma verificação estatística dos valores encontrados pelas duas metodologias.

Cada corpo de prova de OSB foi submetido a uma análise de regressão linear, para comparar valores de deslocamento obtidos por meio de RC, PIV e DIC, sendo assim, gerando valores de coeficiente de determinação R^2. Dessa forma, foi possível analisar cada região (esquerda, centro e direita) separadamente em cada corpo de prova.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Posteriormente à realização dos ensaios, as imagens capturadas foram processadas nos algoritmos PIV e DIC. A aplicação das técnicas PIV e DIC ocorrem simultaneamente com os ensaios de flexão estática, sendo assim possível analisar as deformações pelo método convencional e pelas técnicas PIV e DIC. Considerando os valores dos relógios comparadores como valores base, ou seja, o real valor das deformação comparou-se com as técnicas PIV e DIC, sendo utilizado análise de regressão linear para se obter o coeficiente de determinação R^2, apresentados na tabela 1.

	Esquerda		**Centro**		**Direita**	
	Valor Mín. R^2	Valor Máx. R^2	Valor Mín. R^2	Valor Máx. R^2	Valor Mín. R^2	Valor Máx. R^2
RC/DIC	0,9898	0,9995	0,9896	0,9996	0,9939	0,9991
PIV/DIC	0,9936	0,9998	0,9839	0,9982	0,9925	0,9998

Tabela 1 – Valores de coeficiente de determinação R^2

De acordo com os valores do coeficiente de determinação R^2 verificou-se que o modelo proposto é adequado, apresentando valores superiores a 0,98. No conjunto de valores RC/DIC, quando comparadas as regiões da esquerda, centro e direita, observa-se que a região central foi a que apresentou valores mais elevados de R^2, indicando que a técnica PIV fornece respostas melhores em regiões com deformação mais elástica (parte central) e com menor rotação da superfície, característica encontrada com frequência em regiões mais afastadas da região central do corpo de prova. O conjunto de valores PIV/DIC apresentaram valores próximos de R^2 quando comparamos as três regiões de análise, esquerda, centro e direita, o que indica que as técnicas PIV e DIC, tem características semelhantes nas regiões em estudo.

Cada corpo de prova ensaiado gerou três conjuntos de valores contendo as deformações do decorrer do ensaio, pelo RC, pela técnica PIV e pela técnica DIC. Escolheu-se um corpo-de-prova aleatório, dentre os vinte e cinco corpos-de-prova ensaiados, do qual esse corpo-de-prova (os demais corpos-de-prova se comportaram de maneira semelhante) apresentou valores de deslocamentos muitos próximos daqueles encontrados pela técnica RC, como observa-se na figura 1.

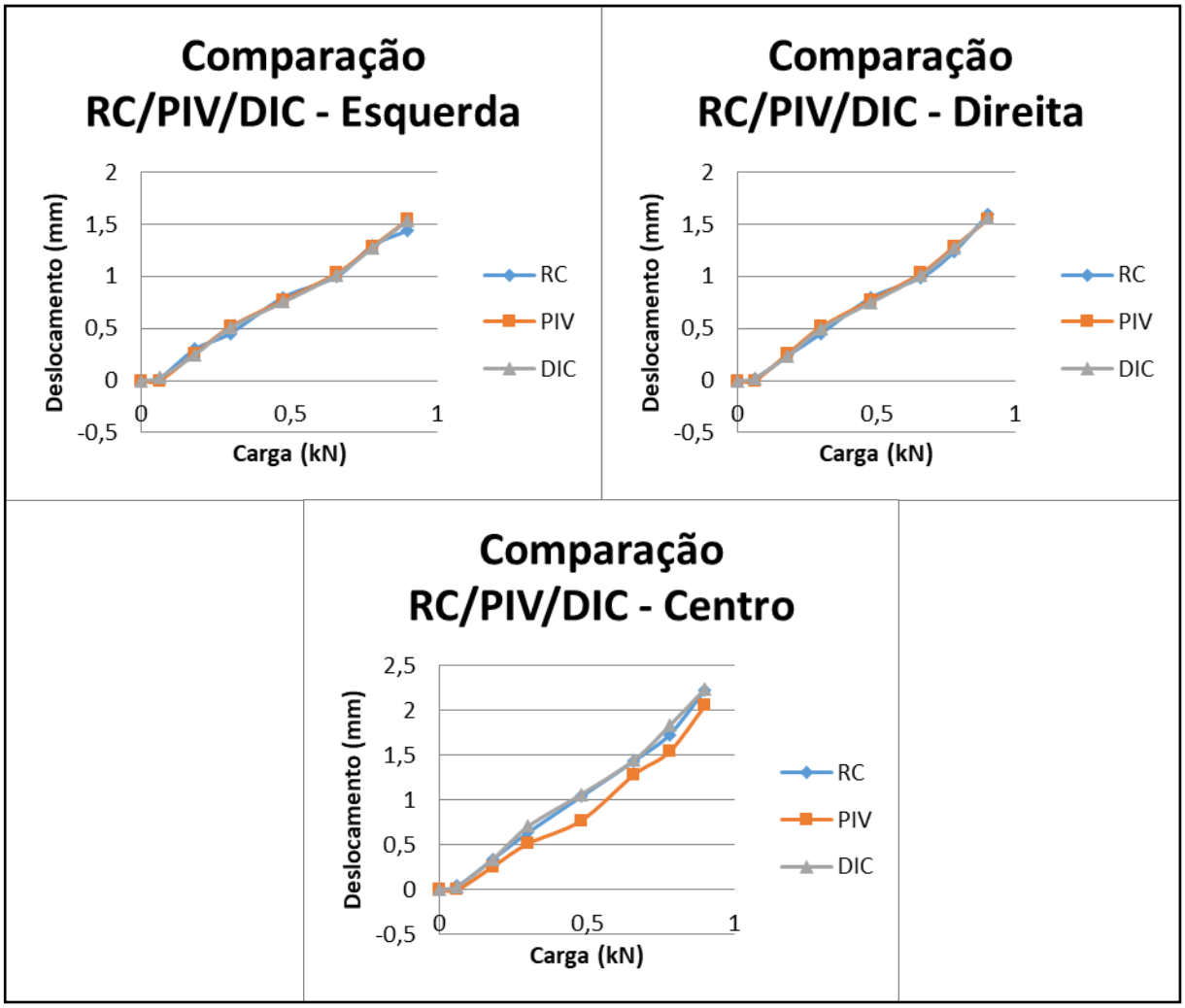


Figura 1. Comparação dos deslocamentos obtidos pelas técnicas PIV, DIC e RC

Nota-se que as técnicas PIV e DIC acompanham sempre os valores de deslocamento medidos por meio do RC, mesmo em situações discrepantes das demais, indicando que essas técnicas funcionam em diferentes situações de carregamentos e deformações.

4. CONCLUSÃO

As técnicas PIV e DIC são métodos precisos e eficientes para medição dos deslocamentos ocorridos nos painéis de OSB, isto foi comprovado quando comparados com a técnica convencional, RC. Os valores dos coeficientes de determinação,

apresentaram valores superiores a 0,98, o que indicou que as técnicas PIV, DIC e RC apresentaram um alto valor de correlação entre os conjuntos de valores.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D-1037: **standard methods of evaluating properties of wood-base fiber and particles materials.** In: ANNUAL book of ASTM standard. Philadelphia, 2006.

BALLARIN, A.W.; NOGUEIRA, M. **Determinação do módulo de elasticidade da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda*por ultra-som**. Eng. Agríc.,Jaboticabal, v. 25, n. 1, p.19-28, jan./abr. 2005.

DE PAULA, MarcellaHermida et al. **Utilização de métodos não destrutivos para caracterização simplificada da madeira de cumaru (dipteryxodoratawilld).**Biodiversidade, v. 15, n. 2, 2016.

GESUALDO, Francisco A. Romero. **Estruturas de madeira**. Uberlândia, UFU, 2003, 98p.

NORMEN FÜR HOLZFASERPLATEN SPANPLATTEN SPERRHOLZ. **DIN 52362: testing of wood chipboards bending test, determination of bending strength**. Berlin, 1982. 40 p.

RAFFEL, M. et al. Particle image velocimetry: a pratical guide. 2 ed. New York: Ed. Springer Verlag, 2007.

STRAUCH, J. C. M; **Correlação de Imagens Digitais.** Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991, 89p.

URBAN, W.D.; MUNGAL, M.G. **Planar velocity measurements in compressible mixing layers. JournalofFluidMechanics,** v. 431, p. 189222, 2001.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

Área:

Engenharia Mecânica

MONITORAMENTO POR ANÁLISE DE VIBRAÇÃO DE ROLAMENTOS ARMAZENADOS INDEVIDAMENTE

[1]**Lara, Hygor S.,**(hsantiagolara@gmail.com),[2]**Brito, Jorge N.,**(brito@ufsj.edu.br)
Universidade Federal de São João Del Rei- Departamento de EngenhariaMecânica
Praça Frei Orlando, 170, São João Del Rei - MG

RESUMO: Neste trabalho apresenta-se um estudo abordando armazenagem inadequada de rolamentos. Quatro rolamentos de mesmo fabricante, modelo e comprados juntos foram armazenados em condições extremas fora do recomendado pelo fabricante. Apenas um seguiu as recomendações e foi armazenado idealmente, os outros ficaram por um mês em situações extremas de umidade, poeira e alta temperatura. Ao fim do tempo programado foram feitas análises de vibração que comprovaram o desgaste dos equipamentos antes mesmo do uso e os resultados comprovam os danos que uma má armazenagem de componentes mecânicos pode ocasionar, principalmente pela alta temperatura.

Palavras Chave: Armazenagem de rolamentos; Análise de vibração; Técnicas preditivas.

MONITORING BY VIBRATION ANALYSIS OF BEARINGS STORED UNDUE

ABSTRACT: In this paper we present a study on the inadequate storage of bearings. Four bearings of the same manufacturer, model and bought together were stored in extreme conditions outside the recommended by the manufacturer. Only one followed the recommendations and was stored ideally, the others stayed for a month in extreme situations of humidity, dust and high temperature. At the end of the programmed time, vibration analyzes were carried out to prove the wear of the equipment even before use and the results prove the damages that bad storage of mechanical components can cause, mainly due to the high temperature.

Keywords: Bearing storage; Vibration analysis; Predictive Techniques.

1. INTRODUÇÃO

As falhas em rolamentos são um dos tipos mais comuns de falhas em vários segmentos da indústria. Em muitas aplicações, o impacto econômico de uma falha dessa natureza pode extremamente exceder o custo da própria máquina (Stack, 2003). Monitorar o estado de funcionamento de rolamentos, através de técnicas preditivas, é imprescindível para evitar que falhas inesperadas ocorram, aumentando assim à disponibilidade do equipamento dentro da planta industrial (Abreu *et al.*, 2007). Estatisticamente, sabe-se que a lubrificação inadequada e a contaminação são responsáveis por 70% de todas as perdas prematuras de rolamentos (*Applied Industrial Tecnologies*, 2010), muitas vezes essas falhas são oriundas da má armazenagem em estoque.

Um rolamento pode ficar armazenado por até três anos sem perder suas propriedades e comprometer o trabalho, porém para que isso seja verdade o estoque deve obedecer a regras rígidas de temperatura, umidade, poeira, entre outros. É imprescindível ter tais controles, porém muitas empresas, principalmente de pequeno, porte não o fazem, o que onera exacerbadamente a folha de manutenção. Para determinar a consequência disso é preciso um bom programa de manutenção preditiva que engloba várias técnicas de monitoramento da condição da máquina (Costa, 2011). Essas técnicas permitem a detecção de um defeito em sua fase inicial. Consequentemente permitem que a equipe de manutenção programe uma intervenção, trabalhando dentro do conceito de manutenção preventiva planejada, evitando falhas catastróficas na linha de produção (Pereira, 2014).

Uma máquina ideal não produz qualquer vibração, pois toda energia é canalizada a execução do trabalho a ser realizado. Na prática, entretanto, os elementos que compões as máquinas, em geral, interagem entre si e, devido à presença de atrito, ação de forças cíclicas, etc., dissipa energia na forma de calor, ruído e vibrações (Randal, 2004). A análise de vibração vem ganhando muito espaço no meio industrial por conseguir diagnosticar falhas em diversos componentes internos (falhas em pistas interna e externa, gaiola e elementos rolantes) e/ou externos (desbalanceamento, desalinhamento, folga mecânica etc.) ao rolamento. Esses dados podem ser obtidos com o equipamento Microlog GX-75, tecnologia SKF.

Um dos dispositivos portáteis mais usados para análise de vibração é o Microlog GX-75 da SKF que permite analisar instantaneamente a vibração de qualquer componente mecânico. Permite o monitoramento em tempo real de eventos em uma planta industrial informando as condições reais do funcionamento das máquinas (Costa, 2011). Nesse sentido com análise de vibração podem-se quantificar os danos causados pela armazenagem incorreta.

Neste sentido neste trabalho se busca evidenciar os danos que a armazenagem incorreta de rolamentos blindados pode causar ao equipamento. Com a técnica de análise de vibração foi possível comparar a deterioração do equipamento bem como alertar sobre os custos ocasionados do mau zelo com o maquinário. Foram testadas por meio de análise de vibração a condições extremas em que o fabricante não recomenda em que o rolamento deva ser armazenado, em alta umidade, alta temperatura e em presença de poeira.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ESTUFAS

Para realização deste trabalho foram construídas três estufas onde se pôde simular as condições críticas de armazenagem mencionadas de forma controlada. Um quarto rolamento foi mantido em local apropriado seguindo as especificações do fabricante.

- Estufa 1: Caixa de madeira aproximadamente quadrada com 30 centímetros de aresta e tampa de vidro. Em uma parede, na porção superior a estufa conta com uma

lâmpada de alta potência, 500 W, perfeitamente encaixada na parede. Dentro da estufa esteve apenas o rolamento a ser estudado e diariamente teve temperatura aferida para manter o equipamento com temperatura constante a 100ºC, esta temperatura foi aferida em um teste com o mesmo rolamento deixado ao sol em um dia de verão de São João del-Rei, MG às 15h. Teoricamente seria a temperatura real máxima em que o rolamento assumiria se armazenado ao sol.

- Estufa 2: Caixa de madeira aproximadamente quadrada com 30 centímetros de aresta. Apresenta tampa de vidro para que as medições sejam fidedignas. As paredes da estufa foram forradas com plástico para isolamento. Dentro da caixa ficou o rolamento estudado e um instrumento de medição de umidade sobre um suporte e todo o restante foi preenchido com água, mas os equipamentos permaneceram sem contato com a água. Diariamente a umidade relativa foi aferida para garantir que fique acima de 60%, umidade máxima a qual o fabricante recomenda que se armazene o equipamento.

- Estufa 3: Caixa de madeira aproximadamente quadrada com 30 centímetros de aresta com tampa de vidro. Dentro ficou o rolamento estudado e areia fina.

2.2. ANÁLISES

Em termos de Manutenção Preditiva a Análise de Vibração vem ganhando espaço no meio industrial conforme o valor individual dos equipamentos aumenta. É importante devido à riqueza de informações que fornece. Dependendo do risco à falha e do valor do equipamento as análises podem ser feitas contínua ou periodicamente. Uma análise de vibração pode determinar se uma intervenção no equipamento é necessária, podendo significar a parada imediata do mesmo.

As vibrações são decorrentes das forças dinâmicas que se propagam pelo maquinário sendo que cada equipamento apresenta um nível próprio de ruído e vibração. Seu agravamento caracteriza defeitos como desalinhamento, empenamento do eixo, desgaste do rolamento e outros mais. Este tipo de análise se destaca por poder, de forma clara, identificar defeitos na máquina, informar suas causas, os localizar, otimizar o reparo e planejar as manutenções. Tudo isso sem precisar parar o equipamento.

Os sinais de vibração são coletados por meio de um sensor acelerômetro para uma placa de aquisição de dados, nela ficam disponíveis de forma bruta até que algum software os processe. Pelos dados disponíveis na placa não se pode inferir nada, muitos ruídos e o domínio de exibição (espaço por tempo) tornam os dados extremamente imprecisos. Desta forma devem passar por filtros seletivos e por algumas transformadas, como a de Fourier, para se retirar ao máximo os ruídos e apresentar os dados em um espectro de vibração na forma amplitude por frequência. Softwares como *MatLab* e *LabView* são ótimos para esse tipo de processamento. Empresas como a SKF fabricam equipamentos com todas essas etapas pré-programadas permitindo que o operador faça medições de forma simples e rápida. O equipamento SKF Microlog GX-75 em conjunto com o software SKF *@ptitudeAnalystic* são projetados para que o operador colete os sinais de vibração e o software já disponibiliza todo o sinal com o devido tratamento, deixando a operação simples e intuitiva.

Os dados de vibração são coletados no domínio espaço por tempo, o que não revela qualquer falha com precisão. Por esse motivo os dados são processados pela Análise de Envelope que transforma os mesmos sinais para o domínio amplitude-frequência. Isso se dá por cálculos matemáticos, inicialmente derivando o sinal duas vezes para se obter o domínio aceleração por tempo e a partir deste utilizar a Transformada Rápida de Fourier (FFT, sigla em inglês) para se separar o verdadeiro sinal de vibração de ruídos e interferências que sempre vão acontecer.

Antes de se colocar os rolamentos em suas respectivas estufas, juntamente com mais um que ficou armazenado todo o período do trabalho conforme as especificações do

fabricante, foram montados em bancada disponível no Laboratório de Sistemas Dinâmicos (LASID) da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) onde foram feitas análises de vibração com o Microlog GX-75, tecnologia SKF, para obtenção dos primeiros espectros sem defeitos, dessa forma se pôde garantir que os rolamentos não apresentaram qualquer falha anterior ao estudo. Posteriormente os rolamentos foram retirados da bancada e colocados pela primeira vez nas estufas assim que devidamente identificados. Ao fim de 30 dias foram feitos testes de vibração.

A bancada de testes, Figura 1, está disponível no Laboratório de Sistema Dinâmicos (LASID) na Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ). Foi montada sobre um sistema de amortecedores contendo quatro molas simples a fim de se evitar interferências diversas do solo. Um motor trifásico de 2,0 HP gera o torque necessário para movimentar o eixo principal a uma velocidade de 1720 RPM. Na extremidade oposta do eixo se encontra um freio mecânico simples que restringe o movimento simulando uma carga de trabalho, isso é monitorado por um multímetro que garante que o motor trabalhe sempre com sua capacidade máxima pela corrente de trabalho. A bancada possui dois mancais com rolamentos idênticos da marca Timken, modelo PP208.

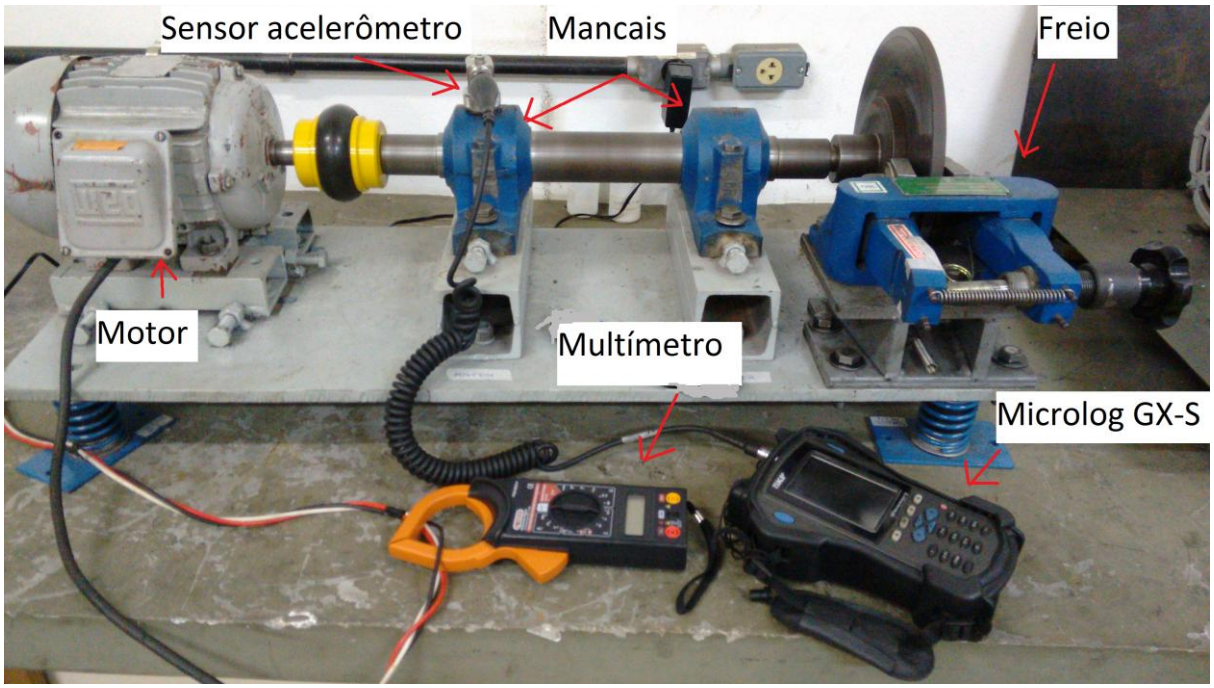


Figura 1. Bancada de testes onde foram montados os rolamentos. **Fonte:** Autor.

Figura 2. Coletor de dados Microlog GX-75. **Fonte:** Autor.

3. RESULTADOS

Inicialmente foi testado o rolamento sem defeitos, armazenado em condições ideais, para ser usado como parâmetro inicial. Na Figura 3 tem-se o espectro de vibração (Envelope) do rolamento em perfeitas condições, onde pode-se observar que as amplitudes têm valores inferiores a 0,5 gE.

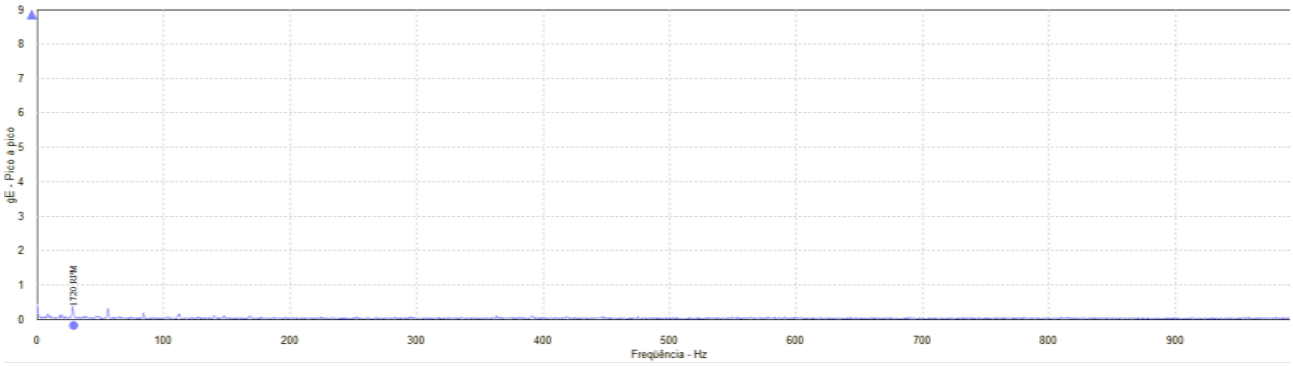


Figura 3. Espectro de vibração (envelope) do rolamento em perfeitas condições. **Fonte:** Autor.

Na Figura 4 tem-se o espectro de vibração (Envelope) do rolamento que permaneceu em alta umidade. Comparando esse espectro com o da Figura 3, ou seja, em rolamento em perfeitas condições de armazenamento, percebe-se nitidamente que os níveis de vibração

aumentaram significativamente. Enquanto há presença de amplitudes próximas a 5 gE na Figura 4, na Figura 3 estão abaixo de 0,5 gE. Esses valores comprovam o dano causado em um rolamento devido ao armazenamento indevido, no caso em ambiente com umidade.

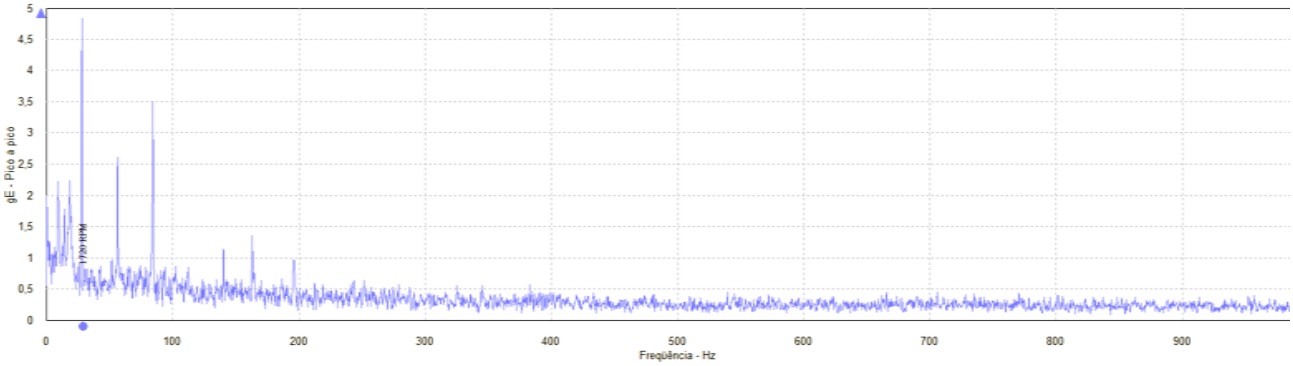


Figura 4. Espectro de vibração (envelope) do rolamento armazenado em umidade. **Fonte:** Autor.

Na Figura 5 tem-se o espectro de vibração (Envelope) do rolamento que permaneceu em ambiente com poeira. Comparando esse espectro com o da Figura 3, ou seja, em rolamento em perfeitas condições de armazenamento, percebe-se nitidamente que os níveis de vibração aumentaram significativamente. Enquanto há presença de amplitudes próximas a 8 gE na Figura 4, na Figura 3 estão abaixo de 0,5 gE. Esses valores comprovam o dano causado em um rolamento devido ao armazenamento indevido, no caso em ambiente com poeira.

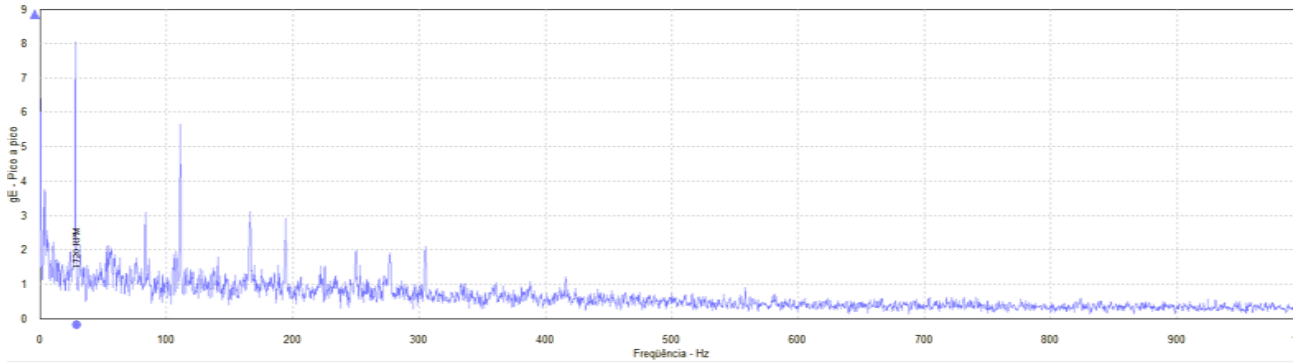


Figura 5. Espectro do rolamento armazenado em poeira. **Fonte:** Autor.

O rolamento armazenado em altas temperaturas se encontrou travado ao se iniciar os testes. Dessa forma não foi testado em bancada por não oferecer dados precisos e poder danificar o motor.

Na Figura 6 têm-se as quatro condições de armazenamento dos rolamentos após a realização dos testes.

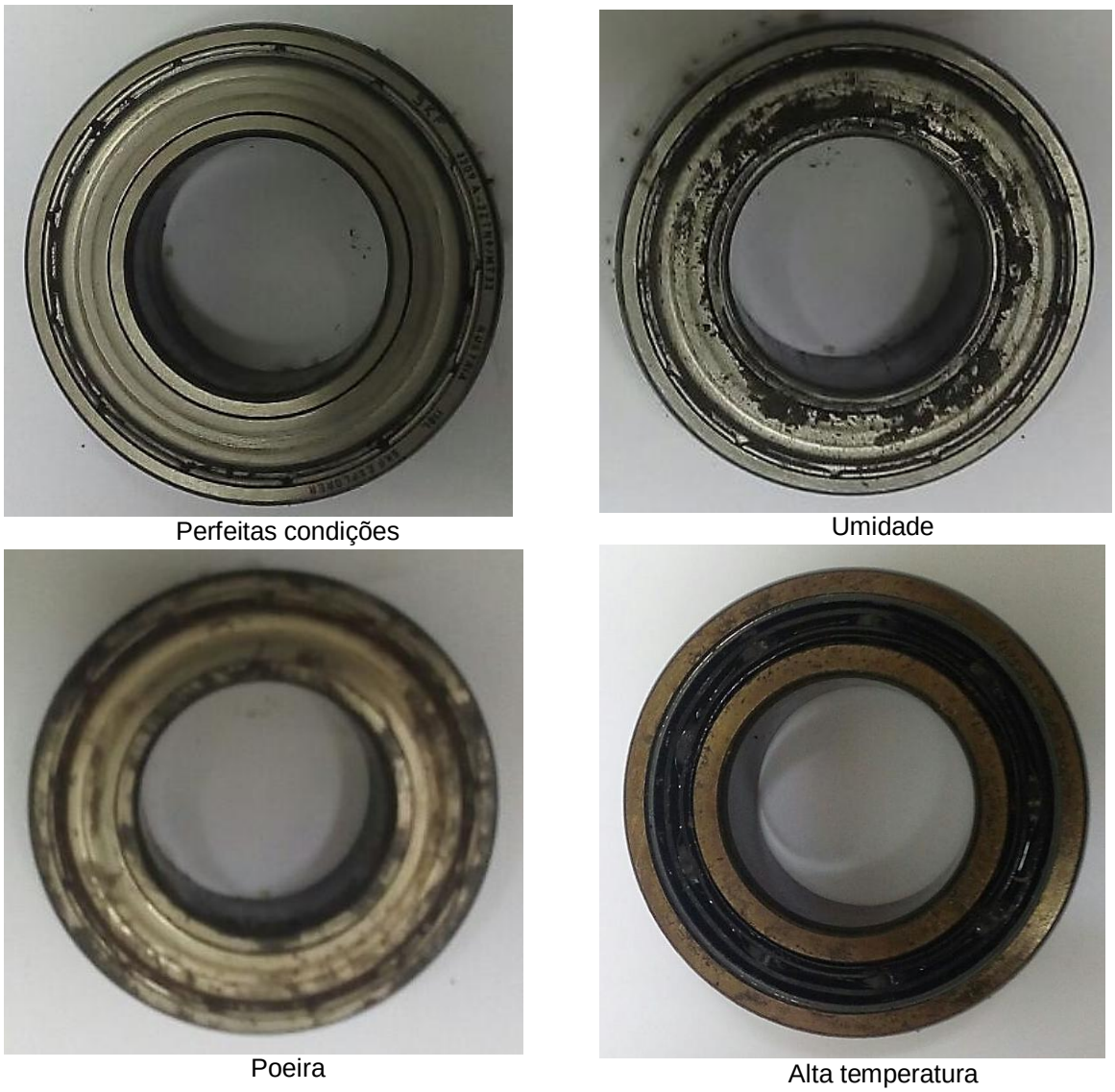


Figura 6. Condições de armazenamento dos rolamentos. **Fonte:** Autor.

4. CONCLUSÕES

Os rolamentos armazenados em ambientes com poeira e umidade apresentaram elevado nível de vibração. As condições dos rolamentos armazenados indevidamente geram defeitos que não são percebidos pelas Equipes de Manutenção. Dessa forma esses rolamentos são montados e colocados para operarem mesmo nessas condições. A consequência é uma menor vida útil dos rolamentos que diminui significativamente o TMEF (Tempo Médio Entre Falhas) dos equipamentos onde são montados. Esse problema também reflete em outros indicadores da manutenção, como o Índice de Indisponibilidade e o Índice Custo da Manutenção.

O rolamento armazenado em ambiente com poeira foi o que apresentou maiores níveis de vibração (8 gE). O rolamento armazenado em ambiente com umidade também apresentou significativos níveis de vibração (5 gE). Porém, o resultado mais alarmante foi do rolamento submetido àalta temperatura. Durante o tempo de armazenamento a parte líquida da graxa escoou e a parte sólida travou do rolamento impossibilitando-o, até mesmo, de ser montado na bancada de testes.

Esse artigo é importante para chamar atenção das Equipes de Manutenções para os cuidados que se deve ter com o armazenamento dos rolamentos. Em muitas indústrias o armazenamento dos rolamentos ainda não recebe os cuidados devidos, principalmente quanto ao controle da temperatura, umidade e proteção à poeira.

Os autores sugerem a continuação desta pesquisa em parceria com as indústrias, principalmente as da região, para testarem rolamentos que estão armazenados. A ideia é, aleatoriamente, analisar alguns rolamentos e verificar se os mesmos tem algum defeito na pista interna, pista externa, elementos rolantes e na gaiola.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Eduardo Petry Gonçalves, da Polo Industria e Comercio S.A., pelo fornecimento dos rolamentos utilizados nessa pesquisa. A Universidade Federal de São João del-Rei pela oportunidade de desenvolvimento desta pesquisa. Aos membros do Gep_LASID (Grupo de Estudos e Pesquisas do Laboratório de Sistemas Dinâmicos) pelo convívio, parceria e importantes trocas de conhecimento. Aos colaboradores, Prof. D.Sc. Vinicius Augusto Diniz Silva (DEMEC | UFSJ) e Eng. Mec. Ricardo Hilário (Engelub | Ex-aluno UFSJ). Finalmente ao Prof. Jorge Nei Brito, orientador desse trabalho, pela confiança e sabias orientações.

6. REFERÊNCIAS

ABREU, R. D. A.; BRITO, J. N.; LAMIM, P. C. M., Identificação de falhas em rolamentos através da detecção de Envelope e da decomposição em Wavelets. CREEM, 2007.

ALVES, G. F., Análise de confiabilidade aplicada aos ensaios de óleos lubrificantes para motores tratores. Tese Doutorado, Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista, 2007.

APPLIED INDUSTRIAL TECHNOLOGIES, Bearing Facts. 2010

ARATO, J. A., Manutenção preditiva usando análise de vibrações. 1. Ed., Editora ManoeleLtda, 190p., 2004.

COSTA, C., Desenvolvimento de um sistema de instrumentação de medição de vibração mecânica em máquinas rotativas em tempo real embarcado em FPGA. TeseDoutorado, UNESP, 2011

GHAFARI, S. H., A foult diagnosis system for Rotary machinery supported by rolling elemento bearing. Thesis of PhD, University of Waterloo, School of Mechanical Engeneering, Canada, 2007.

HERGUTH, B., Grease analysis: monitoring greases serviceability and bearing conditions. Practicingoilanalysisperiodic, March-April, pp. 18-25, 2002

LARA, H. S.; BRITO, J. N., Análise de rolamentos submetidos a diferentes lubrificações por Redes Neurais Artificiais. CONTECC, 2014

PEREIRA, J. G.; BRITO, L. C.; BRITO, J. N., Análise de falhas no motor elétrico através da análise de graxa. COEN, 2011

PEREIRA, R. R.; BRITO, J. N., Monitoramento online de motores de indução trifásicos para detecção de falhas de origem mecânica através da lógica fuzzy. 2014

RANDALL, R. B., State of art in monitoring rotating machinery – Parts 1. SoundandVibration Magazine, Vol. 38, no 3, pp. 14-21, March 2004

SALES, M. H.; ALVES, J. V. T.; BRITO, L. C.; PEREIRA, J. G.; BRITO, J. N., Monitoramento das condições de rolamentos utilizando análise de graxa. CONEM, 2012

SKF, M. P., Instructions for use – test kit analysis grease TKGT 1. Proc. In CD-ROM by kit, 2011

STACK, J. R.; HABETLER, T. G.; HARLEY, R. G., Effects of machine speed on the development and detection of rolling elemento bearing fauts. IEEE Power ElectronLeft, Vol. 1, No 1, pp. 19-21, 2003

TREVISAN, R., Utilização de medições ultrassônicas de vibração e emissão acústica para implantação de lubrificação base-condição visando à prevenção de falhas em mancais de rolamentos. Dissertação de Mestrado, UFRGS, 2010

ZIO, E.; GOLA, G. A., A neuro – fuzzy technique for fault diagnosis and its application to rotating machinery. Reliability Engineering and System Safety, vol. 94, no 6, pp. 78-88, 2009.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO MILITEC-1 NO ESCOAMENTO DO ÓLEO BASE DE UMA GRAXA MINERAL

[1]**Marques, Ana Cláudia** (anninhamarques@hotmail.com), [1]**Mendes, Bruno Henrique Viana** (brunohvmendes@gmail.com), [1]**Brito, Jorge Nei** (brito@ufsj.edu.br)

[1]**Universidade Federal de São João del Rei-** Departamento de Engenharia Mecânica (DEMEC) Campus Santo Antônio, Praça Frei Orlando, 170,São João del Rei, Minas Gerais,Cep 36307-352

RESUMO:A manutenção preditiva busca diagnosticar uma possível falha antes mesmo que ela aconteça. Quaisquer técnicas que auxiliem no acompanhamento ou na prevenção de um comportamento anômalo em um sistema mecânico, pode ser considerada manutenção. Isso inclui o uso de aditivos que complementem ou enriqueçam algumas propriedades fundamentais requeridas nas interações entre componentes mecânicos, neste caso, a graxa. No ambiente industrial é comum o uso de aditivos para prolongar o tempo de trabalho das máquinas e consequentemente prorrogar sua manutenção. O Militec-1 é comumente usado para a redução do atrito entre metais, agindo como um condicionador lubrificante. Neste trabalho, busca-se entender o impacto deste condicionador nasangria do óleo base, que é uma propriedade essencial das graxas, e relacionar os resultados obtidos com a capacidade do Militec-1 de otimizar as condições de funcionamento de sistemas mecânicos. Os testes foram realizados com o Kit para análise de graxa TKGT 1 da SKF. Através dos resultados pôde-se perceber que houve alteração nos valores de superfície sangrada, entretanto não houve mudança nas propriedades físico-químicas da graxa.

Palavras Chave: Manutenção; Lubrificante; Sangria.

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF MILITEC-1 IN THE BASE OIL FLOW IN A MINERAL GREASE

ABSTRACT: Predictive maintenance seeks to diagnose a possible failure even before it happens. Any techniques that assist in monitoring or preventing an anomalous behavior in a mechanical system can be considered as maintenance. This includes the use of additives that complement or enrich some of the fundamental properties required in the interactions between mechanical components, such as in our study object, the grease. In the industrial environment it is common to use additives to prolong the working time of the machines and consequently to prorogue their maintenance. The Militec-1 is commonly used to reduce the friction between metals, acting as a lubricating conditioner. In this article, the aim is to understand the impact of this additive on an essential property of greases, the bleeding of the base oil, seeking to relate the results obtained with Militec-1's ability to optimize the operating conditions of mechanical systems. As expected, there was a slight change in bleed surface values in the tests performed by SKF's TKGT-1 portable laboratory. However, there was no change in the physicochemical properties of the grease.

Keywords: Maintenance; Lubricant; Bleeding.

1. INTRODUÇÃO

No cenário atual, a quebra de um equipamento pode resultar em grandes prejuízos para a empresa além de colocar em risco a sua credibilidade. A manutenção é uma área de suma importância dentro da indústria, garantindo assim a confiabilidade e continuidade da produção.

Existem três tipos principais de manutenções que são a corretiva, a preventiva e a preditiva. A manutenção corretiva, também chamada de reativa ou pós-quebra, corresponde à primeira geração da história da manutenção, tendo início antes da segunda guerra mundial, quando a indústria era pouco mecanizada e com maquinário simples, até o final dos anos 40 do século passado, tendo como princípio a operação do equipamento até sua quebra (HOLANDA, 2016).

Segundo FREITAS (2016), a manutenção preventiva é a manutenção voltada para evitar a ocorrência de falhas ou quebras de desempenho, através de manutenções em intervalos de tempo pré-definidos, obedecendo um plano previamente elaborado. Diferentemente da manutenção corretiva, a preventiva, como o próprio nome sugere, procura prevenir, evitar a ocorrência de falhas. É imprescindível quando o fator segurança se sobrepõe aos demais.

De acordo com FREITAS (2013), a manutenção preditiva é o acompanhamento do equipamento feito durante seu funcionamento e as paradas são realizadas somente se forem identificados indícios que conduzam a uma possível falha.

Dentro da manutenção preditiva, existe uma área muito importante que é a lubrificação.Sabe-se que o lubrificante é um dos itens mais importantes para manter um sistema mecânico em equilíbrio, prolongando a vida útil dos equipamentos(ALVES, 2016). Métodos pobres de lubrificação são as causas de 50% de todas as falhas prematuras nos rolamentos (SKF,2011).

A principal função de um lubrificante é atuar na minimização do atrito entre duas peças que se movem relativamente entre si. Dessa forma o atrito é diminuído devido à formação de uma película pelo uso do lubrificante o qual impede o contato direto entre as peças, exigindo menor força e desgaste das superfícies (SANTOS, 2013).

Apesar da lubrificação ser essencial dentro da manutenção, aqui no Brasil ela ainda não recebe a devida atenção. O foco continua sendo o equipamento e não todas as variáveis que o compõe. A análise dos lubrificantes é uma parte essencial numa estratégia de manutenção preditiva. No entanto, até hoje isto esteve quase totalmente relacionado aos óleos lubrificantes, apesar de que aproximadamente cerca de 80% dos rolamentos são lubrificados a graxa (SKF,2011). Monitorar a condição da graxa é muito importante. Sendo proativo, ações podem ser tomadas antes que a lubrificação contribua para a deterioração da condição da máquina, como por exemplo, um aumento na temperatura dos rolamentos ou nos níveis de vibração(SKF,2011).

Por meio da manutenção preditiva, é possível detectar as falhas no equipamento antes mesmo delas se tornarem críticas. Assim, pode ser feito um planejamento de quando parar a máquina sem prejudicar a produção. É muito comum o uso de condicionadores metálicos como o Militec-1, objeto de estudo desse trabalho, para fazer com que aumente a vida útil dos equipamentos até a parada programada e então efetuar a manutenção.

O Militec-1 é um líquido sintético de coloração dourada, similar aos óleos SAE 10 em viscosidade. Ele não é um aditivo de óleo, pois não contém melhoradores do índice de viscosidade, não altera a composição físico-química, nem o intervalo de troca de óleo (MILITEC, 2017).

Neste trabalho, temos por objetivo avaliar o comportamento de uma graxa mineral nova e como ela reage ao ser adicionado Militec-1. Para isso, foi realizado o teste de sangria utilizando o Kit de Teste para Graxa TKGT 1 da SKF.

2. METODOLOGIA

Os testes foram realizados no Laboratório de Sistemas Dinâmicos (LASID) da Universidade Federal de São João del Rei (UFSJ). Foi feito uma análise da separação do óleo de uma graxa mineral nova a base de lítio e outra análise comparando essa mesma graxa após ser adicionado Militec-1.

Primeiro foi realizado o teste com a graxa mineral que serviu como base para comparar os resultados obtidos após ela ser contaminada com o Militec-1. Cada condição foi submetida a três ensaios para validação dos resultados em temperatura ambiente de 25ºC (±3ºC). Para isso, foi utilizado o Kit de Teste para Graxa TKGT 1 da SKF, Figura 1.

Figura 1. Kit de Teste para Graxa TKGT 1 da SKF. Fonte: SKF (2011).

O procedimento para realização do teste de separação do óleo da graxa consiste em colocar uma quantidade de graxa fixa de apenas 0,5 gramas, SKF (2011), em um papel mata-borrão e deixar aquecer por duas horas, Figura 2.

Figura 2. Características de separação do óleo. Fonte: SKF (2011).

Assim, a graxa irá liberar o óleo base e será criado uma mancha de óleo no papel, Figura 3. A partir dessa mancha, pode-se avaliar as mudanças nas propriedades do sangramento medindo o seu diâmetro.

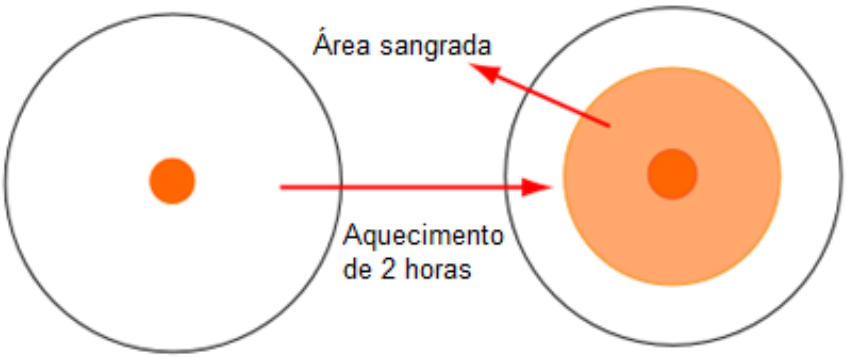


Figura 3. Área sangrada após o aquecimento. Fonte: SKF (2011).

O cálculo da área sangrada pode ser obtido através da Equação 1, onde $\mathbf{S_{Fresca}}$é a área sangrada da amostra fresca e $\mathbf{D_{MedFresca}}$ é o valor do diâmetro médio (em mm) das duas dimensões calculadas como diâmetro 1 ($\mathbf{D_1}$) e diâmetro 2 ($\mathbf{D_2}$).

$$S\ldots = 0{,}785 \times (D^2{}_{Med\ \ldots} - 100) \quad (1)$$

A diferença da área de sangramento entre a amostra modificada e a fresca ($\%_{Dif}$), pode ser calculada por meio da Equação 2. Se o resultado for negativo, o sangramento é então reduzido. Se o resultado for positivo, o sangramento é então aumentado.

$$\%_{Diff} = 100 \times \frac{S_{Modificada} - S_{Fresca}}{S_{Fresca}} \quad (2)$$

3. RESULTADOS

Os resultados obtidos por meio do teste de sangria encontram-se na Tabela 1. A graxa mineral fresca foi denominada A e a modificada por Militec-1 foi nomeada B.

Tabela 1. Resultados obtidos após o óleo ser liberado da graxa.

AMOSTRAS		A	B
1	D_1	44,5	44,5
	D_2	41,0	42,5
2	D_1	44,5	51,0
	D_2	41,0	45,5
3	D_1	45,5	44,9
	D_2	41,5	45,5

A partir dos diâmetros encontrados na Tabela 1, pôde-se calcular o diâmetro médio de cada amostra, a área de superfície de sangria delas e a porcentagem de diferença entre a área sangrada da amostra referencial e da amostra modificada. Esses resultados são descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados do teste de sangria.

AMOSTRAS	A	B
Diâmetro Médio	43	45,81667
Superfície de Sangria	1.373,66	1.570,14
% de Diferença	0,00	14,30

Ao analisar as tabelas, percebemos que adicionando o Militec-1 à amostra de graxa nova o resultado foi positivo. Portanto, houve um aumento do escoamento do óleo em relação a área sangrada pela amostra de graxa fresca.

Verificou-se também que não houve mudança significativa na aparência ou propriedades do espessante após o tempo de sangria.

A descrição oficial do Militec-1 aponta que o condicionador de metais não altera as propriedades físico-químicas, como por exemplo a viscosidade, do óleo ao qual é adicionado, e que sua composição química não sofre nenhum tipo de dissociação, sendo um composto extremamente estável.

4. CONCLUSÕES

Pode-se inferir que o aumento na sangria do óleo base se deve ao fato de que o espessante da graxa não reteve o Militec-1, implicando que o mesmo modifica somente as propriedades mecânicas da mistura com a graxa, como a resistência ao atrito do sistema mecânico de aplicação, evidenciando sua eficiência ao potencializar a ação da graxa lubrificante.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a SKF do Brasil Ltda., em especial o Engenheiro Paulo Henrique Manoel pelo apoio e disponibilização do minilaboratório de análise de graxa TKGT 1 da SKF.

6. REFERÊNCIAS

ALVES, L. F. N.**Determinação de Metais em Óleos Lubrificantes Utilizando a Técnica de Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Induzido por Lazer.** 2016. 88 f. Tese (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2016.

FREITAS, L. F. **Elaboração de um plano de manutenção em uma pequena empresa do setor metal mecânico de Juiz de Fora com base nos conceitos da manutenção preventiva e preditiva.** 2016. 96 f. Monografia – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2016.

FREITAS, P.V.O. **Manutenção preditiva por análise de vibração: estudo de caso de uma indústria metalúrgica.**2013. 79 f. Monografia– Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2013.

HOLANDA, S. M. S. **Aplicação da manutenção preditiva por análise de vibrações em equipamentos de trens urbanos com plano de manutenção proposto.**2016. 99 f. Tese(Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2016.

Militec Brasil. Disponível em: <http://militecbrasil.com.br>. Acesso em 12 out.2017.

SANTOS, F. S. **Aplicação do modelo pressão-estado-resposta (PER) em área susceptível à contaminação com resíduos de óleos lubrificantes.**2013. 118 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, Joâo Pessoa, PB, 2013.

SKF, M. P. Instruction for Use – Test Kit Analysis Grease TKGT 1. Proc. In CD-ROM, 2011.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

Área:

Engenharia Sanitária e Ambiental

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

[1]**Silva, Caroline Eloi Oliveira da**(eloi.carolinee@gmail.com), [1]**Farias, Matheus de Sá** (autor2@gmail.com), [1]**Silveira, Wesley Gonçalo da**(wesleysilveirinha@hotmail.com), [1]**Lima, Naraluce de**(lucelnara@gmail.com), [1]**Freitas, Dyego Maradona Ataide de**(dyegofreitas@dma.ufla.br)

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário,Lavras, Minas Gerais,Cep 37200-000

RESUMO: A avaliação da eficiência de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) se configura como uma importante ferramenta para observar se a operacionalização e a qualidade da água disponível estão em conformidade com os padrões estabelecidos na Portaria Nº2.914/2011. Diante disto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a estação de tratamento da água da Universidade Federal de Lavras. Foram avaliados dois pontos, de entrada (água bruta) e saída (água tratada), realizando duas coletas por semana durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2017. Foram realizadas análises de cor, turbidez, pH, alcalinidade e ferro no Laboratório de Análise de Água da Universidade. Em geral, os resultados das análises indicaram que os valores de cor aparente, turbidez, pH e ferro estão dentro do recomendado.

Palavras Chave: Estação de tratamento de água; qualidade da água; eficiência de ETA

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE WATER TREATMENT STATION OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF LAVRAS

ABSTRACT: An evaluation of the efficiency of a Water Treatment Plant is an important tool to observe an operation and water quality are in compliance with the standards established in Ordinance No. 2914/2011. In view of this, the present work aims at a water treatment plant at the Federal University of Lavras. Two sets of input (raw water) and production were performed, performing two collections per week during the months of January, February and March of 2017. Color, turbidity, pH, alkalinity and iron analyzes were performed at the University's Water Analysis Laboratory. The results of the analyzes indicated that the values of Apparent Color, Turbidity, pH and Iron are within the recommended range.

Keywords: Water treatment station; water quality; WTS efficiency

1. INTRODUÇÃO

A água possui grande importância ambiental e social, sendo um recurso essencial à vida de todos os seres vivos e exercendo importante papel em quase todas as funções do corpo humano. No entanto, quando retirada da natureza, esta pode conter elementos que potencialmente podem ser prejudiciais à saúde humana e, por isso, sua passagem por unidades de tratamento que tornarão a água potável e propícia ao consumo se faz necessária.

Nesse sentido, toda a água que se destina ao consumo humano deve obedecer aos padrões de qualidade estabelecidos na Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, no qual constam os padrões de potabilidade e os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água.

Uma Estação de Tratamento de Água (ETA) realiza processos a fim de eliminar poluentes e contaminantes prejudiciais e nocivos para a saúde, além de melhorar a qualidade da mesma para abastecimento. Assim, visa atender finalidades higiênicas, como remoção de bactérias, protozoários e vírus; estéticas, como cor, sabor, e odor e também econômicas, reduzindo corrosividade, turbidez e ferro (CASTRO, 2015).

Nesse contexto, a avaliação da eficiência de uma ETA se configura como uma importante ferramenta para observar se a operacionalização da mesma e a qualidade da água se encontram adequadas aos padrões estabelecidos na legislação. Para tanto, realiza-se o monitoramento da água bruta, ao entrar na ETA, e da água já tratada.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência da estação de tratamento de água da Universidade Federal de Lavras (UFLA), que trata cerca de 9 litros de água por segundo e a distribui pelo Campus. Assim, será verificada a qualidade da água a fim observar se esta atende ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria Nº2.914/2011 e que não ofereça riscos à saúde.

2. METODOLOGIA

A avaliação foi realizada na Estação de Tratamento de Água (ETA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada no município de Lavras em Minas Gerais.

A ETA da UFLA funciona como uma estação de tratamento convencional, no qual a água a ser tratada é captada nas lagoas existentes no próprio campus da universidade. Após a chegada à estação, a água passa por processos de mistura rápida, floculação, decantação, filtração e, por último, a desinfecção.

A fim de verificar o desempenho da ETA, foram avaliados os pontos de entrada (água bruta) e saída da água (água tratada), utilizando os parâmetros indicadores de cor e turbidez, assim como os parâmetros químicos de pH, alcalinidade e ferro. Para a realização das análises dos parâmetros indicadores utilizaram-se os métodos de espectrofotometria e nefelometria, respectivamente. A determinação da alcalinidade e ferro foram realizadas utilizando os métodos de titulometria e colorimetria, enquanto para medir o pH utilizou-se um peagâmetro.

Foram realizadas duas coletas por semana durante os meses de Janeiro, Fevereiro e Março de 2017 e as análises foram realizadas em triplicata, no Laboratório de Análise de Água do Departamento de Engenharia da UFLA (LAADEG).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das análises dos parâmetros propostos, foram obtidos resultados que serão apresentados a seguir em forma de gráficos, a fim de avaliar se o desempenho da ETA da UFLA está em conformidade com o estabelecido pela Portaria Nº2.914/2011.

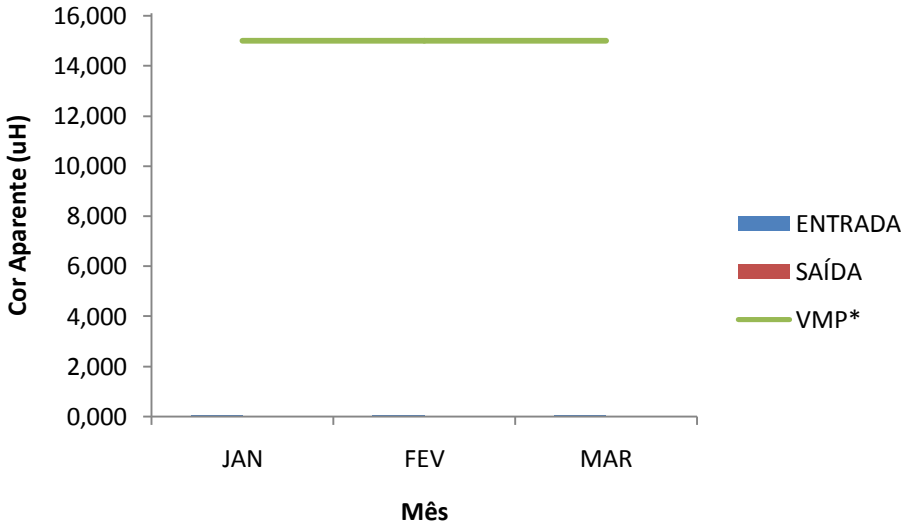


Figura 1. Valores de cor aparente nos pontos de entrada e saída da ETA em diferentes meses.VMP* valor máximo permissível, de acordo com a portaria N° 2.914/2011.

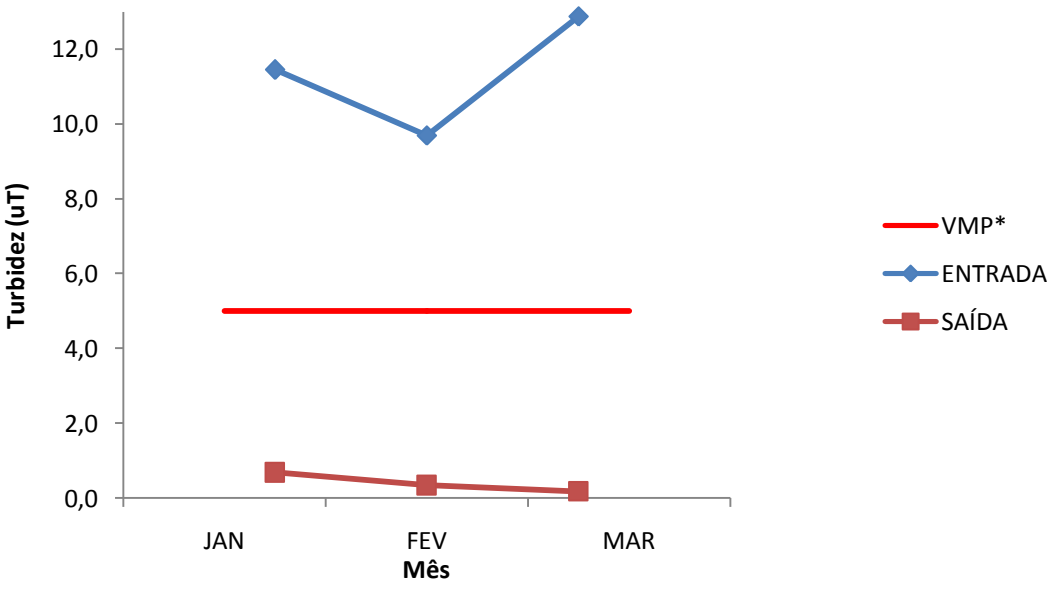


Figura 2. Unidades de turbidez nos pontos de entrada e saída da ETA em diferentes meses.VMP* valor máximo permissível, de acordo com a portaria N° 2.914/2011.

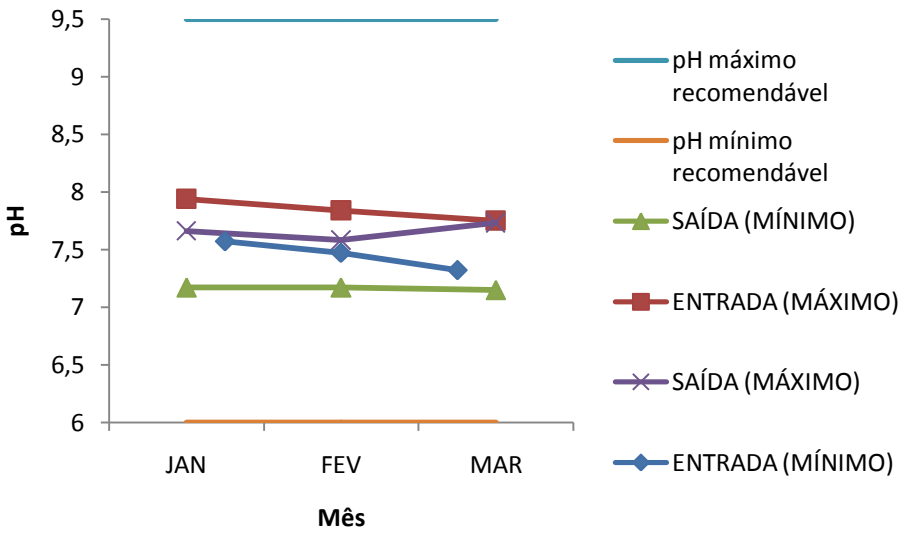


Figura 3. Valores de pH nos pontos de entrada e saída da ETA em diferentes meses.

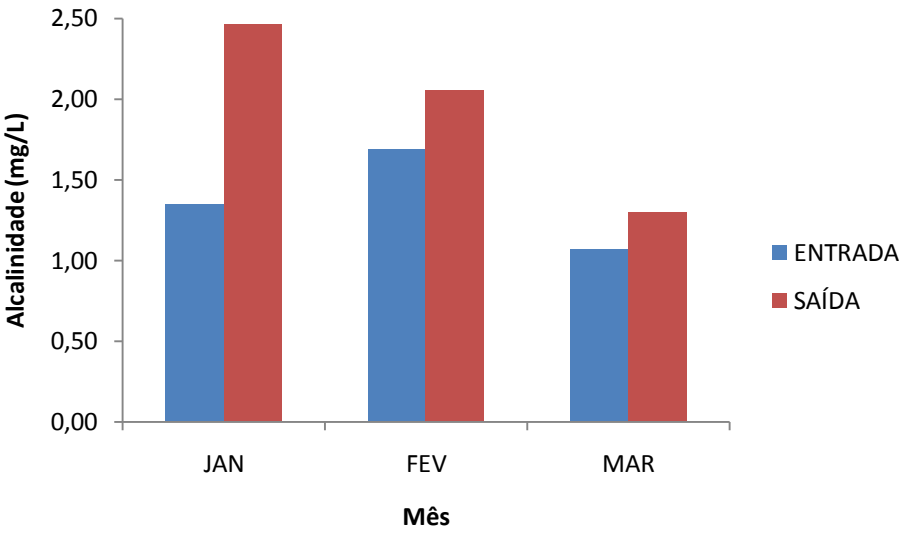


Figura 4. Valores de Alcalinidade nos pontos de entrada e saída da ETA em diferentes meses.

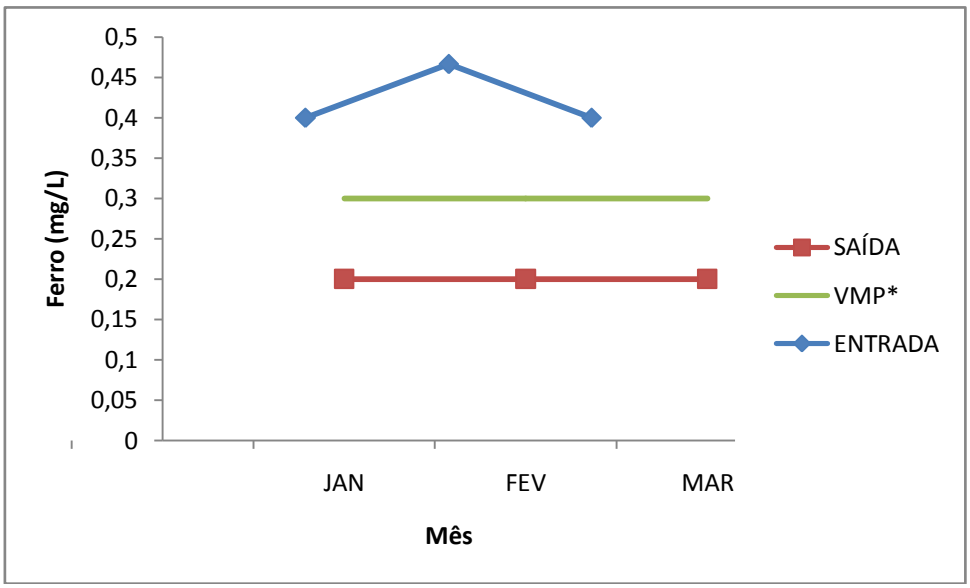


Figura 5. Valores de Ferro nos pontos de entrada e saída da ETA em diferentes meses.VMP* valor máximo permissível, de acordo com a portaria N^{o} 2.914/2011.

Os resultados indicam que os valores de cor aparente, turbidez, pH e ferro estão dentro do recomendado.

Na Figura 1, onde estão representados os valores de cor aparente, pode-se observar que tanto a água bruta quanto a tratada apresentam valores muito inferiores ao máximo recomendado pela PortariaNº 2.914/2011, com valor máximo de 0,059 uH para água bruta e 0,012 uH para água tratada.

A remoção de turbidez apresenta significativa eficiência, visto que, assim como apresentado na Figura 2, os valores da água na saída se encontram expressivamente abaixo do máximo permitido pela legislação. Esse parâmetro é importante para observar o desempenho do processo de desinfecção (BERNARDOePAZ, 2008a).

Na Figura 3,observa-se que os valores de pH se mantêm na média recomendada na PortariaNº 2.914/2011, na faixa de 6,0 a 9,5. O conhecimento deste parâmetro é importante para evitar que ocorra corrosão das tubulações, por exemplo, além de possuir influência nos processos de floculação, filtração e desinfecção.Os valores de alcalinidade, indicados na Figura 4, são também responsáveis pela manutenção dos níveis de pH e, estão ligados ao processo de coagulação e floculação durante o tratamento.

Os valores de ferro, expressos na Figura 5,estão em acordo com o contido na PortariaNº 2.914/2011 na qual recomenda-se que,na água, esteja no máximo 0,3 mg/L. O ferro pode conferir cor a água, no entanto, sua retirada é importante para não gerar efeitos negativos na rede de distribuição. (BERNARDOePAZ, 2008b).Com a redução de ferro, se reduz também os valores de Cor, expressos na Figura 1.

A partir desses resultados, observa-se que todos os parâmetros apresentados estão em conformidade com a Portaria Nº 2.914/2011.

4. CONCLUSÕES

Os resultados indicam que a Estação de Tratamento de Água tem apresentado ótima eficiência no tratamento e fornecimento de água a toda comunidade da UFLA, estando em acordo com a Portaria N^{o}2.914 de 2011. Assim, demonstra a importância do

acompanhamento, das manutenções periódicas e melhoria dos sistemas de tratamento implantados.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Diretoria de Meio Ambiente (DMA) da UFLA pelo apoio técnico e financeiro para realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDO, L. DI; PAZ, L. P. S. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. São Carlos: LDiBe, 2008.

DE CASTRO, I. L. **Elaboração de Ferramentas para Avaliar a Eficiência de Tratamento de uma ETA – ETA de S. Jorge. 2015.** Dissertação (Dissertação em Engenharia do Ambiente) – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.Disponível em:<https://repositorio.utad.pt/bitstream/10348/6026/1/msc_ilrcastro.pdf>.Acesso em: 09Out. 2017.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS. **Avaliação da eficiência do tratamento da água na ETA José Loureiro da Silva através de parâmetros bacteriológicos.** Disponível em:<http://www.ecologia.ufrgs.br/lagoguaiba/eventos/MostraTrabalhos/trabalhos/01-Aval.%20bact%20ETA%20JLS%20I%20Mostra%20Cient..pdf>. Acesso em: 09Out. 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011:Norma de qualidade da água para consumo humano**. Disponível em:<http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 09 Out. 2017.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

ANALISE DA INTERFERÊNCIA NA QUALIDADE DE ÁGUA SOFRIDA NAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO

[1]**Lima, Naraluce** (lucelnara@gmail.com), [1]**Silva Honorato, Jhenifer** (jhenifersh@gmail.com), [1]**Graças Calixto, Maria** (mariadasgrascascalixto@gmail.com), [1]**Freitas, Dyego Maradona Ataide de** (dyegofreitas@dma.ufla.br)

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Universitário, Lavras, Minas Gerais, CEP 37200-000

RESUMO: A Estação de Tratamento de Água (ETA) por meio de processos capazes de transformar a água bruta em água potável a demanda por água de qualidade na Universidade Federal de Lavras-UFLA. A rede de distribuição é a etapa final do abastecimento e por isso é importante que não altere as características da água ao passar por ela. O trabalho teve por objetivo comparar as alterações na qualidade da água nas redes de distribuição de água tratada da UFLA entre os anos de 2016 e 2017. Os parâmetros avaliados foram pH, turbidez, cor aparente e condutividade elétrica na saída do tratamento e no ponto final da rede de distribuição. Foram identificadas alterações da qualidade da água ao comparar entre os pontos de saída dos filtros da ETA e ponto final da rede de distribuição não sendo possível identificar valores padronizados. O parâmetro,cor aparente, sofre redução e aumento no decorrer do tempo, mas ainda sim ao comparar com a portaria Nº 2914/2011 os parâmetros atenderam a legislação, exceto a turbidez durante o mês de maio de 2017. Portanto a avaliação da qualidade de água após a distribuição é importante.

Palavras Chave: Rede distribuição de água,qualidade de água,parâmetros físicos e químicos

INTERFERENCE IN WATER QUALITY SUFFERED IN DISTRIBUTION NETWORKS

ABSTRACT: A Water Treatment Station (ETA) through processes capable of transforming water into drinking water, supply quality water at the Federal University of Lavras - UFLA. A distribution network is a final stage of supply and so it is important that it does not change as characteristics of the water as it passes through it. The objective of this work was to determine the quality of water in the UFLA water distribution network between 2016 and 2017. Was evaluated the parameters of pH, turbidity, color and appearance and electrical conductivity at the exit of the treatment and at the end point of the distribution network . Changes in water quality were identified when comparing the points, and it was not possible to identify the standard. The same parameter, decrease and increase the flow of time, but still rather when comparing with a 2914/2011 ordinance the parameters related to the legislation except a turbidity during the month of May 2017. Therefore the evaluation of water quality after distribution is important.

Keywords: Water distribution network, water quality, physical and chemical parameters

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água destinada ao consumo humano é um resultado da soma de diversos fatores, sendo qualidade da água bruta, do estado de conservação de equipamentos e instalações da ETA e do rigor no controle operacional dos processos de tratamento (CARMO, 2008).

De acordo com o manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionado à qualidade da água para o consumo humano, todas as etapas do tratamento podem apresentar situações de perigo, podendo expor a população a situações de risco, inclusive a rede de distribuição. A rede de distribuição é a etapa final do sistema de abastecimento, e tem a função de conduzir a água até o ponto de consumo dentro do padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria N^{o} 2914/2011. Contaminações na rede podem ser causadas pela ocorrência de pressões negativas, vazamentos, corrosão das canalizações e incrustações (BRASIL, 2006).

Dentre as substâncias que interferem na qualidade da água tratada encontra-se o cloro, que é um dos agentes desinfetantes mais utilizados nas estações de tratamento de água por ser mais vantajoso economicamente e eficiente (SALGADO, 2008). No entanto, o cloro é uma substância não conservativa, resultando na redução da proteção residual ao longo do percurso devido às reações com os meios físicos, químicos e biológicos integrantes do sistema de distribuição, que ocorrem no interior da tubulação (POWELL et al., 2000).

Alguns operadores do sistema, sem o conhecimento sobre o comportamento do cloro na rede, aplicam altas dosagens de cloro nas ETAs, visando manter o residual de cloro em toda a rede. Entretanto, podem ser ocasionados diversos problemas como a possibilidade de produzir gosto, odor e subprodutos prejudiciais à saúde humana (AZEVEDO NETTO e RICHTER, 1998). Além do mais, o cloro pode agir como um agente oxidante sobre as tubulações de ferro fundido, causando corrosão (TAVARES, 2003).

O presente trabalho teve como objetivo comparar as alterações na qualidade da água ocorridas nas redes de distribuição de água tratada da UFLA entre os anos de 2016 e 2017.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Estação de Tratamento de Água (ETA) e nas redes de distribuição da UFLA, localizada em Lavras, Sudoeste de Minas Gerais.

A ETA da UFLA é do tipo convencional, tratando em média 29 m³/h. O processo de tratamento é desenvolvido nas etapas de pré-cloração, coagulação, floculação, decantação, filtração e cloração final (desinfecção). Após o tratamento a água é bombeada da ETA até o reservatório Castelo (Figura 1), o trecho de rede de distribuição entre a ETA e o reservatório é formado em sua maior parte, por tubulações de ferro fundido; em seguida a água é distribuída pelos 242 prédios do campus universitário por uma rede constituída de PVC.

Figura 1: Imagem aérea onde a água e bombeada da ETA até o Castelo.

As análises foram realizadas durante os anos de 2016 e 2017, compreendendo os meses de janeiro a março, de maio a junho e agosto. Os pontos analisados foram a saída do tratamento de água e o ponto final da rede de distribuição.

As amostras foram coletadas semanalmente e armazenadas em garrafas plásticas, e encaminhadas ao Laboratório de Análise de Água do DEG/UFLA para as análises de pH, turbidez, cor aparente e condutividade elétrica utilizando respectivamente os métodos de potenciometria, nefelometria, espectrofotometria e condutivimetria.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 apresenta que no decorrer do ano de 2016, quatro meses obtiveram a média mensal de pH maior no ponto final de rede, e os meses de janeiro e fevereiro os valores foram menores em relação a saída da ETA. Tendo variação pequena do ponto de vista de potabilidade.

No intervalo de um ano o pH sofreu pequenas alterações, apresentando pH maior no ano de 2017, com exceção do mês de agosto que ambos os pontos foram menores que no ano de 2016. Apesar da tendência de aumento, em geral os dados indicam que estão dentro do permitido, não causando problemas de incrustação e corrosão das redes de distribuição.

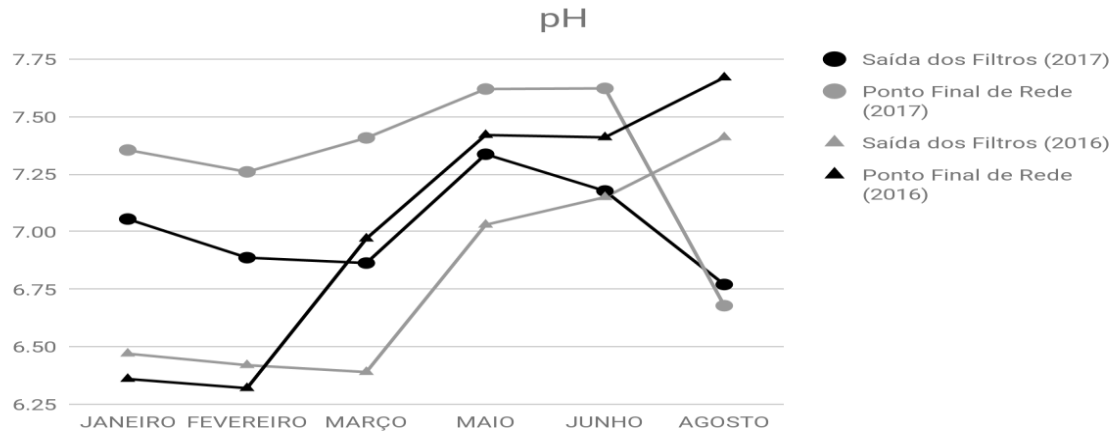


Figura 2: Variação do pH entre a saída dos filtros da ETA até o ponto final de rede, referente aos meses de janeiro a março, maio a junho e agosto no período de 2016-2017

O parâmetro de turbidez, apresentado na Figura 3, demonstra variações no padrão de comportamento dentro dos meses avaliado. Para o ano de 2016 observa-se valores maiores para o ponto final de rede que o ponto da saída da estação, exceto nos meses de fevereiro e março onde ocorreu o inverso. Já para o ano de 2017, a média dos valores encontrados para o ponto final de rede são menores que a média dos valores da ETA durante os meses de março e agosto.

Os valores encontrados durante os meses avaliados para ambos os anos, não apresentam um comportamento claro,tornando difícil estabelecer uma correlação da influência da rede para esse parâmetro.

A Portaria N^{o} 2914/2011 estabelece como padrão de aceitação para consumo humano o máximo de 5 UT. Nota se que mesmo com as variações no comportamento da turbidez não foram verificados valores acima do permitido pela mesma

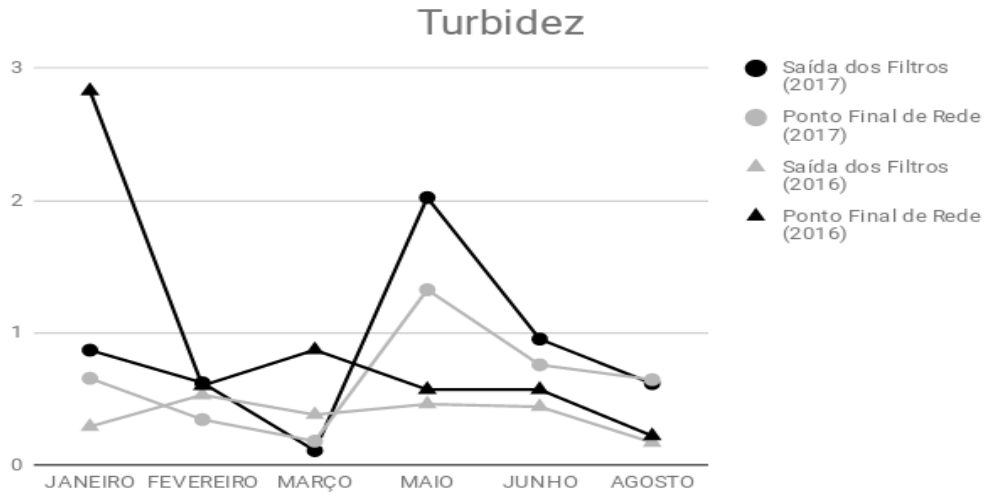


Figura 3: Variação da Turbidez entre a saída da ETA até o ponto final de rede, durante o período de 2016-2017.

A cor aparente, como indicado na Figura 4, para o ano de 2016 não apresentou muitas variações, permanecendo numa faixa entre 1 e 6 uH. Foi observado também que

os meses de janeiro, fevereiro e junho mostraram interferências negativas, ou seja, após a água passar pelas tubulações de ferro fundido sua cor aparente aumentou; entretanto, mesmo com as alterações os valores permaneceram dentro dos limites da Portaria N^{o}2914/2011, que estabelece como padrão de aceitação para consumo humano o máximo de 15 uH.

Já para o ano de 2017, as variações foram grandes, apresentando para o mês de maio um aumento, da saída do filtro para o ponto final de rede, de aproximadamente 270%. Além disso, este mês foi o único que apresentou interferências negativas e que ficou fora do padrão de potabilidade.

As variações na cor aparente podem ter sido provocadas por diversos fatores, como por exemplo, a infiltração de água da chuva na tubulação. O processo de cloração no final do tratamento pode também ser um dos causadores desse aumento, já que a tubulação é de ferro fundido podendo apresentar incrustações que, por sua vez, podem ser corroídas pelo cloro, interferindo na cor aparente do ponto final da rede.

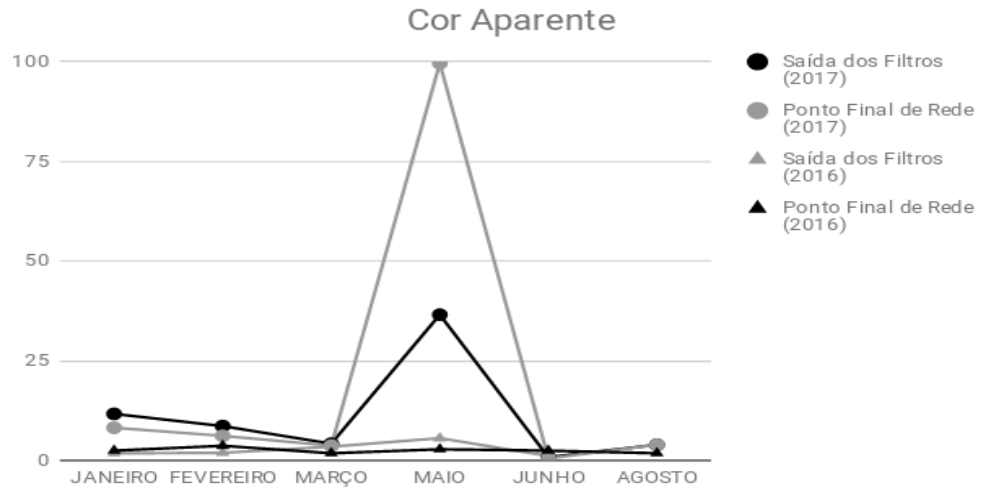


Figura 4: Variação da Cor Aparente entre a saída dos filtros da ETA até o ponto final de rede, referente aos meses de janeiro a março, maio a junho e agosto no período de 2016-2017.

Pode se observar na Figura 5 que no ano de 2017 a saída dos filtros e o ponto final de rede não extrapolaram e mantiveram os seus valores próximos.A seqüência mostra um aumento na condutividade ao passar pela rede que pode ser explicado por possíveis contaminações ao longo da rede, visto que uma parte da rede de distribuição é mais antiga.

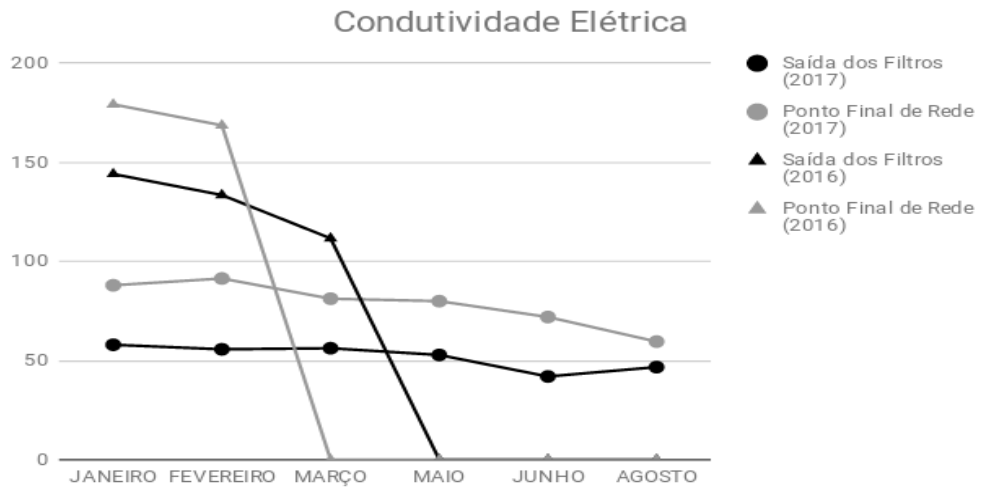


Figura 5: Variação da condutividade elétrica entre a saída dos filtros da ETA até o ponto final de rede, referente aos meses de janeiro a março, maio, junho e agosto no período de 2016-2017.

Este parâmetro indica possíveis modificações na qualidade da água, visto que expressa a condutância de eletricidade na água em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions, sendo diretamente proporcional à concentração iônica. Porém, a Portaria Nº 2914/2011, não apresenta valores limites para o controle e vigilância da qualidade da água para este parâmetro.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que o monitoramento da qualidade de água após a distribuição é relevante para garantir a boa qualidade da água servida à população universitária, pois entende-se que a tubulação de distribuição exerce interferências na água, podendo tornar a água não potável.

No presente trabalho, não foi possível afirmar uma interferência negativa da rede de distribuição na qualidade da água, visto que em alguns parâmetros como a turbidez e o pH, por exemplo, não ficou evidente um padrão de comportamento nas médias encontradas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO NETO, J.M.; RICHTER, C. A. Tratamento de Água - Tecnologia Atualizada, Ed. Edgard Blücher Ltda., São Paulo. 1991.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p.

CARMO, R. F., et all. Vigilância da qualidade da água para consumo humano: abordagem qualitativa da identificação de perigos. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 13, n. 4, p. 426-434. 2008.

POWELL, J. C., et all. Factors which control bulk chlorine decay rates. Water Research, Great Britain, v. 34, p. 117-126, 2000.

SALGADO, S. R. T. Estudo dos parâmetros do decaimento do cloro residual em sistema de distribuição de água tratada considerando vazamento. Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2008.

TAVARES, R. G. Problemas operacionais na indústria da água: consumo excessivo de cloro na linha tronco de distribuição do sistema Gurjaú e lodos gerados pelas 6 maiores estações de tratamento de água da região metropolitana de Recife. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco CTG. Depto. De Engenharia Civil, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2003.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE DEPLEÇÃO DE VAZÃO DO ESCOAMENTO DE BASE DA BACIA DO RIBEIRÃO SANTA BÁRBARA, GO

[1]**Souza, G. R.** (rezendesgabriela@gmail.com),[1]**Oliveira, L.F.C** (coutinho@deg.ufla.br), **Fioreze, A.P.**(ninhafioreze@yahoo.com)**,** [1]**Franco, C.S. (camila.sfranco**@deg.ufla.br).

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário,Lavras, Minas Gerais,Cep 37200-000

RESUMO: Conhecer o comportamento da curva de recessão em períodos de estiagemé importante para a gestão hídrica.Este trabalho objetivou estimar o coeficiente de depleção de vazões (α) por duas metodologias, permitindo-se obter o ramo da recessão das vazões de estiagem para a bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás. Para tal, empregaram-se as séries históricas de vazões disponíveis para a estação fluviométrica Fazenda Aliança, de 1969 a 2004. As metodologias empregadas foram: ajuste de α pela minimização da soma dos quadrados dos desvios e com base nos três primeiros valores de vazão decrescente após o início do período de estiagem. Em ambas foi utilizada a média dos valores obtidos como o valor de α para a bacia, construindo-se uma série simulada para avaliação do desempenho. Os valores de médios de α ajustados pelas as duas metodologias foram de 0,009 e 0,012 com desvios padrões de 0,002 e 0,004, respectivamente. Sendo o desempenho de ambos os métodos similar e satisfatório, optou-se por empregar aquele que utiliza somente as três vazões iniciais para o ajuste do hidrograma no período de recessão, devido à simplicidade do método e pela facilidade de obtenção dos dados necessários à sua aplicação mesmo em bacias com dados deficientes.

Palavras Chave: hidrograma; recesso; estiagem; escoamento superficial.

STREAMFLOW DEPLETION COEFFICIENT ESTIMATION TO SANTA BARBARA WATERSHED, GOIAS, BRAZIL

ABSTRACT: Knowing the behavior of the recession curve in periods of drought is important for water management.This work aimed to estimate thestreamflow depletion coefficient (α) of Santa Barbara watershed by two methods, allowing obtaining the recession branch of the discharge during periods of drought.For this, were used the streamflow time series available from the gauging station FazendaAliança, from 1969 to 2004. The methodologies employed were: adjustment of α by minimizing the sum of the squares of the deviations, and based on the first three decreasing flow values after the dry season beginning. In both, the watershed α value was obtained by the coefficient average for the years from the time series, and simulated series was constructed for performance evaluation.The mean values of α adjusted by the two methodologies were 0.009 and 0.012 with standard deviations of 0.002 and 0.004, respectively.As the performance of both methods were similar and satisfactory was employed the one that uses only the first three flows to adjusting the hydrograph during the recession. This was due to the simplicity of the method and the ease of obtaining the data needed for its application even in watersheds with poor data.

Keywords: hydrography; recess; drought; surface runoff.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento das vazões de estiagens é importante na realização de estudos e projetos de aproveitamentos dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica, como abastecimento de água, geração de energia hidrelétrica, irrigação e dispersão de poluentes.

Os menores valores observados em séries históricas de vazões médias diárias definem as vazões mínimas, que ocorrem em períodos de pouca ou nenhuma precipitação. Tais vazões compõem o trecho do hidrograma que apresenta uma redução lenta do escoamento superficial na bacia hidrográfica, em que a vazão é garantida pela contribuição subterrânea (Matos et al., 2013). Por refletir as vazões de estiagem, o conhecimento do comportamento da curva de recessão das vazões em períodos sem precipitação constitui aspecto relevante na caracterização hidrológica de uma bacia hidrográfica.

A previsão de vazão em um sistema hídrico é uma das técnicas utilizadas para minimizar o impacto das incertezas do clima sobre o gerenciamento dos recursos hídricos, sendo um dos principais desafios relacionados ao conhecimento integrado da climatologia e hidrologia (Sousa et al., 2010).Por refletir as vazões de estiagem, o conhecimento docomportamento da curva de recessão das vazões em períodossem precipitação constitui aspecto relevante na caracterizaçãohidrológica de uma bacia hidrográfica (Oliveira e Fioreze, 2010). No período de estiagem, em que há praticamente só contribuição de águas subsuperficiais, pode-se estimar a redução de vazão temporal do aquífero pela análise da série histórica dos mananciais alimentados por essa fonte. A bacia do Ribeirão Santa Bárbara caracteriza-se por apresentar pequena área, uso agrícola com irrigação intensiva e captações para abastecimento público.A escolha da bacia para o estudo, se deve às longas séries de precipitação e de vazão disponíveis, e por possuir características comuns às bacias analisadas pelo órgão gestor dos recursos hídricos em Goiás. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é estimar o coeficiente de depleção de vazão da Bacia do Ribeirão Santa Bárbara, possibilitando a melhor gestão dos recursos hídricos.

2. METODOLOGIA

A estimativa do hidrograma referente ao período de recessão do escoamento subterrâneo foi realizada para a microbacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, localizada na região sul do estado de Goiás, pertencente à sub-bacia do Rio dos Bois que, por sua vez, pertence à bacia do Rio Paranaíba. Segundo Fioreze e Oliveira (2010) a bacia do Ribeirão Santa Bárbara está compreendida entre as coordenadas 17º 45’ e 18º 15’ de latitude Sul e 49º 36’ e 50º 3’ de longitude Oeste, com área de drenagem de 1371,16 km^2, inserida nos municípios de Bom Jesus de Goiás, Goiatuba, Joviânia e Vicentinópolis. A nascente do Ribeirão Santa Bárbara, com extensão de 97 km, está localizada a 824 m e a seção de controle empregada neste estudo (estação fluviométrica da Fazenda Aliança) a uma altitude de 452 m.

Para obtenção do coeficiente de depleção de vazão, utilizou-se a série histórica de vazões diárias da estação fluviométrica Fazenda Aliança, de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA) e operada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), compreendendo o período de observações de 1969 a 2004.

O estudo dos ramos dos hidrogramas anuais referentes aos períodos de recessão dos escoamentos superficiais, permitiu identificar os períodos de estiagem, em que a vazão do Ribeirão Santa Bárbarase deve somente ao escoamento de base. Posteriormente, para cada hidrograma referente à recessão do escoamento subterrâneo,foi empregado o modelo exponencial descrito por Silveira et al. (1998) e expresso pela Equação 1:

$$Q = Q_o exp^{\alpha(t-t_o)} \quad (1)$$

Em que:

- Q = vazão em m^3s^{-1}, referente ao tempo t em dias, decorrido após o tempo de início da recessão devido ao escoamento subterrâneo t_o;
- Q_o = vazão em m^3s^{-1}, referente ao início da recessão do escoamento subterrâneo e
- α = coeficiente de depleção médio de vazão do aquífero em dia^{-1}.

O coeficiente α que descreve a depleção das vazões em períodos de estiagem foi estimado para cada ano com séries de vazão e precipitação pluviométrica correspondentes, por duas maneiras:

a) por meio do ajuste do modelo pelo método de minimização da soma dos quadrados dos desvios;
b) pela obtenção do coeficiente α para as 3 primeiras vazões do ramo de recessão das hidrógrafas anuais (Equação 2), e o valor final de α dado pela média dos valores obtidos:

$$\alpha = - ln\left(\frac{Q}{Q_0}\right)\Delta t^{-1} \quad (2)$$

Em ambas as estimativas, o valor final do coeficiente de depleção de vazões da bacia foi obtido pela média dos valores obtidos a cada ano, construindo-se uma série simulada para avaliação do desempenho dos modelos ajustados. A aderência dos ajustes foi verificada pelo Teste de χ^2.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores de α obtidos para cada ano, sendo α' obtido pelo ajuste da equação exponencial de todo o ramo descendente da hidrógrafa, e α" obtido pela média dos valores calculados a partir das 3 primeiras vazões do ramo descendente da hidrógrafa ponderados pelo intervalo de tempo entre as observações. Os valores de α obtidos do ajuste da equação exponencial apresentaram pequena variação ao longo do tempo, com média igual a 0,009, produzindo a seguinte expressão: $Q = Q_o e^{-0,009\Delta t}$. Já o segundo ajuste, estimou um valor de α médio de 0,012, portanto, a equação obtida foi: $Q = Q_o e^{-0,012\Delta t}$.

As equações que descrevem a curva de depleção da vazão do Ribeirão Santa Bárbara foram utilizadas para simular os ramos de recessão dos hidrogramas anuais. Na Figura 2 são apresentados os anos de pior e melhor ajuste, na qual pode-se verificar que tanto para o primeiro quanto para o segundo método obteve-se bons ajustes entre os dados observados e simulados.

Pelo Teste de χ^2,todos os ramos simulados por ambos os métodos foram considerados adequados com níveis de significância superiores a 90%. De maneira geral, o primeiro método de estimativa de αapresentou a tendência de superestimar as vazões no período da estiagem, especialmente no final do período delimitado. Por outro lado, a segunda metodologia apresentou a tendência de subestimar os valores finais dos ramos descendentes da hidrógrafa, o que, para a gestão dos recursos hídricos é mais interessante por traçar um cenário mais pessimista de disponibilidade hídrica.

Os dois métodos geraram resultados satisfatórios e próximos entre si, sendo assim, optou-se por empregar o segundo método, o qual utiliza somente as três vazões iniciais do período de recessão. A opção foi feita pela simplicidade e pela facilidade de obtenção dos dados necessários à sua aplicação mesmo em bacias com deficiência de dados. Ao contrário do primeiro método, este depende unicamente da realização de três medições de vazão em período sem precipitação (Silveira et al., 1998) e não de uma série completa de vazões recessivas.

Tabela 1. Coeficiente de depleção de vazão ajustado para as séries de vazões do Ribeirão Santa Bárbara-GO, empregando todas as vazões de recessão (α') e as 3 primeiras vazões de recessão (α").

Ano	α'	α"
1972	0,009	0,018
1973	0,008	0,01
1974	0,009	0,009
1975	0,015	0,013
1976	0,011	0,014
1977	0,009	0,016
1978	0,009	0,022
1979	0,006	0,008
1980	0,009	0,01
1981	0,01	0,012
1982	0,007	0,014
1983	0,008	0,017
1984	0,008	0,007
1985	0,007	0,008
1986	0,011	0,01
1987	0,007	0,007
1988	0,006	0,006
1989	0,008	0,014
1990	0,015	0,011
1992	0,007	0,015
1993	0,008	0,009
1994	0,009	0,009
1995	0,01	0,019
1996	0,011	0,009
1997	0,009	0,015
1998	0,01	0,015
2003	0,007	0,012
Média	0,009	0,012
Desvio Padrão	0,002	0,004

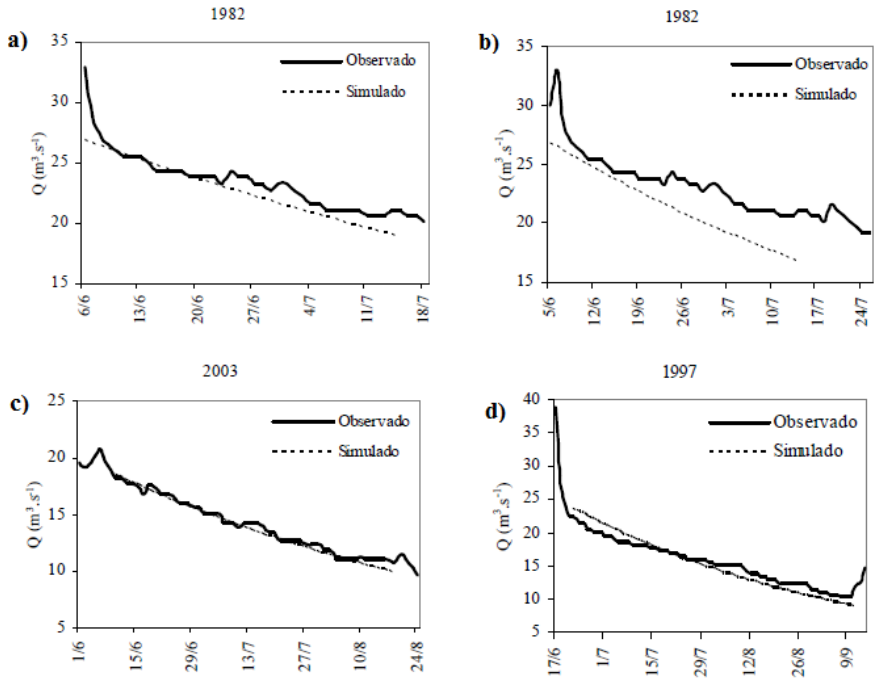


Figura 1. Ramo descendente da hidrógrafa do Ribeirão Santa Bárbara, para os anos de pior e melhor ajuste: (a) pior ajuste de α'; (b) pior ajuste de α"; (c)melhor ajuste de α'; (d) melhor ajuste de α".

A Figura 2 apresenta as curvas de permanência simulada e observada para o Ribeirão Santa Bárbara-GO. A curva de permanência obtida com as vazões de recessão simuladas pelo método se sobrepõe quase perfeitamente à obtida com as vazões observadas na estação fluviométrica. No ramo inferior da curva, que compreende as vazões médias e mínimas, de interesse à gestão dos recursos hídricos, observa-se que a simulação estimou valores pouco superiores aos observados.

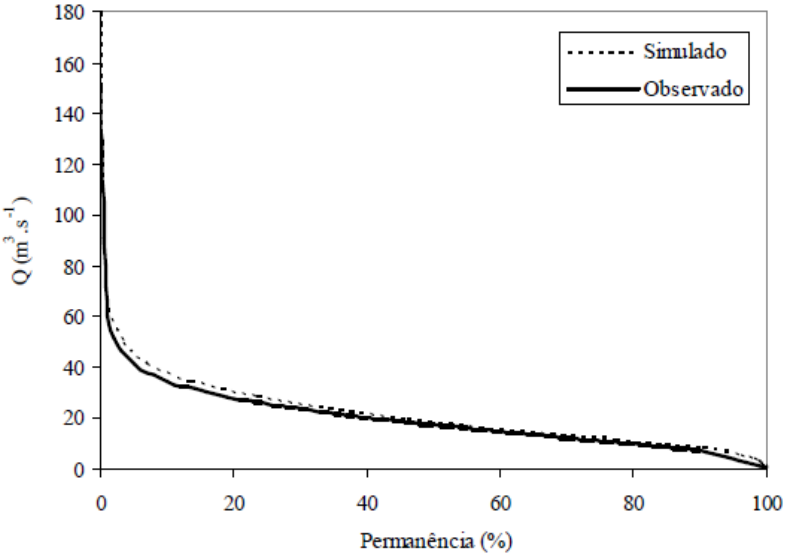


Figura 2. Curva de permanência das vazões observadas e simuladas com o índice α" para a baciahidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás.

Diante dos resultados obtidos, entende-se que a estimativa da depleção da vazão do escoamento de base, pela utilização da média das três primeiras medições diárias na série anual do período de recessão, permite simular de forma fidedigna o que ocorre na bacia avaliada. Sugere-se que o mesmo estudo seja feito em outras bacias, para que se possa avaliar o uso da metodologia, que é simples, na gestão de recursos hídricos dos mananciais.

4. CONCLUSÕES

A equação da curva que descreve a recessão das vazões no período de estiagem pode ser obtida a partir dos três primeiros valores de vazões recessivas e simula satisfatoriamente o ramo descendente da hidrógrafa. O método pode ser empregado como indicativo das vazões de estiagem para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos em bacias vizinhas sem dados, realizando-se as medições de vazão necessárias em cada uma delas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FIOREZE, A.P.; OLIVEIRA, L.F.C.; FRANCO, A.P.B. Avaliação do desempenho de equações de regionalização de vazões na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v.3, n.2, p.68-82, 2008.

FIOREZE, A.P.; OLIVEIRA, L.F.C. Usos dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n.1, p.28-35, 2010.

MATOS, T.S.; TOSI, G.J.; KAVISKI, E.Interpolação de vazões mínimas de estiagens com splines cúbicas. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 20, Bento Gonçalves, 2013. **Anais**...ABRH, 2013, CDrom.

OLIVEIRA, L.F.C.;FIOREZE, A.P.Estimativas de vazões mínimas mediante dadospluviométricos na Bacia Hidrográfica do RibeirãoSanta Bárbara, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.1, p.9–15, 2011.

SILVEIRA, G.L.; TUCCI, C.E.M.; SILVEIRA, A.L.L. Quantificação de vazão em pequenas bacias sem dados. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.3, n.3, p.111-131, 1998.

SOUSA, W.S.; SOUSA, F.A.S. Rede neural artificial aplicada à previsão de vazão da bacia hidrográfica do Rio Piancó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.2, p.173–180, 2010.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

ESPACIALIZAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS NO TERRITÓRIO BRASILEIRO

[1]**Souza, G. R.**(rezendesgabriela@gmail.com);[1]**Oliveira, L.F.C.** (coutinho@deg.ufla.br);[1]**Silva, C.B.**(camibittencourt@yahoo.com.br);[1]**Corrêa, F.V.** (flavia-vilela-correa@hotmail.com);[1]**Farias, M.S.** (matheus_desasf@hotmail.com)**.**

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de EngenhariaCaixa Postal 3037, Campus Univeristário,Lavras, Minas Gerais,Cep 37200-000

RESUMO:Os estudos de chuvas extremas são de grande importância para o conhecimento do comportamento hidrológico de bacias hidrográficas e para a realização de projetos de estruturas hidráulicas. O presente trabalho tem como objetivo a determinação das relações intensidade-duração-frequência (IDF) e a geração de mapas temáticos de chuvas intensas para o Brasil. As relações IDF utilizadas foram parte compiladas de trabalhos encontrados na literatura e ajustadas para 4411 estações pluviométricas com dados disponíveis. No ajuste das relações IDF, utilizou-se a distribuição probabilidade de Gumbel com parâmetros estimados pelo método dos momentos e aderência verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. De posse das IDF, foram estimadas as intensidades de precipitação média máximas para os tempos de duração da chuva de 5, 30, 60 e 120 min e período de retorno de 5 anos. Os valores das intensidades de precipitação obtidos foram espacializados em um Sistema de Informação Geográfica, permitindo a geração dos mapas temáticos. Os mapas temáticos permitem a obtenção das intensidades de precipitação para locais desprovidos de estações de coleta de dados de precipitação, representando uma grande ferramenta para a elaboração de obras hidráulicas voltadas para a área de drenagem urbana e rural.

Palavras Chave: Relações intensidade-duração-frequência; Gumbel; Krigagem.

EXTREME RAINS ESTIMATION AND SPACIALIZATION IN THE BRAZILIZAN TERRITORY

ABSTRACT: Extreme rainfall studies are of great importance for the knowledge of the watersheds hydrological behavior and for projects of hydraulic structures.The present work aimed determining the intensities-duration-frequency (IDF) relations and to produce thematic maps of extreme rains in Brazil.The IDF relations used were compiled from the literature and adjusted to 4411 rainfall stations with available data. The Gumbel probability distribution was used to adjust the IDF relations, the parameters were estimated by the method of moments and the adherence verified by the Kolmogorov-Smirnov test.By means the IDF relations, were estimated the maximum mean rainfall intensities for 5, 30, 60 and 120 min of duration times and a 5-year return period. The values of the precipitation intensities obtained were spatialized in a Geographic Information System, allowing the generation of thematic maps.The thematic maps allow to obtain rain intensities for rainfall sites for sites without precipitation data, representing a great tool for the elaboration of hydraulic projects aimed at the urban and rural drainage area.

Keywords: Relationship intensity-duration-frequency; Gumbel; Kriging.

1. INTRODUÇÃO

As chuvas intensas ou extremas são aquelas que apresentam grandes lâminas precipitadas em pequenos intervalos de tempo, podendo provocar prejuízos tanto em áreas urbanas quanto em áreas agrícolas, como inundação de terras cultivadas, erosão do solo, perdas de nutrientes e assoreamento de corpos da água, dentre outros (Cecílio et al., 2009 e Campos et al., 2014).

Os estudos relacionados às chuvas extremas são de grande importância para o conhecimento do comportamento hidrológico de bacias hidrográficas no tocante ao controle de cheias e inundações. O dimensionamento de projetos hidráulicos, que envolvem o escoamento superficial, é realizado com base na intensidade máxima de chuva (Caldeira et al., 2015; Borges e Thebaldi, 2016).

A intensidade da chuva para elaboração de projeto está sempre associada a um tempo de duração e a um determinado risco de ser igualada ou superada, definida pelo período de retorno. Segundo Costa et al. (2001), Xavier et al. (2014) e Silva e Oliveira (2017) e, para a utilização prática e adequada dos dados de chuva, na elaboração de projetos de drenagem, barragens e obras de proteção contra cheias e erosão hídrica, faz-se necessário conhecer a relação intensidade-duração-frequência (IDF) das chuvas intensas.

Neste sentido, o presente trabalho objetivou a determinação das relações IDF no território brasileiro e a produção de mapas temáticos de chuvas intensas de diferentes durações e tempo de retorno de 5 anos.

2. METODOLOGIA

Na execução deste trabalho, foram empregadas 5209 estações de coleta de dados de precipitação distribuídas pelo território nacional, das quais 834 possuem as relações IDF disponíveis na literatura, e para as demais essas relações foram ajustadas empregando o método da minimização dos quadrados dos desvios. Para tal, foram selecionadas, no sistema de informação Hidroweb da Agência Nacional das Águas, as estações que possuíam no mínimo 15 anos de observações diárias, desprezando os meses com falhas nas séries históricas. Selecionou-se, em todas as estações, os valores máximos das precipitações diárias para cada ano e construiu-se as séries anuais dos valores extremos.

As chuvas máximas de um dia em chuvas de menor duração, foramobtidas pela metodologia da desagregação proposta pelo Daee-Cetesb (1980), permitindo a obtenção das séries anuais de chuvas com durações de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 min, e de 1, 6, 8, 10, 12 e 24 h e dos pontos suficientes para definir as curvas de intensidade-duração para diferentes períodos de retorno.

Com a finalidade de se obter as intensidades de precipitação médias máximas com tempo de retorno de 5 anos, utilizou-se a distribuição de probabilidades de Gumbel. Os parâmetros da distribuição foram ajustados pelo método dos momentos e sua aderência verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov para um nível de significância de 5%.

Verificada a aderência distribuição de Gumbel aos dados observados, foram determinadas as relações IDF para cada estação empregando o modelo geral proposto por Sherman (1931) (Equação 1).

$$i = \frac{a\ TR^{b}}{(t+c)^{d}} \qquad (1)$$

Em que:

- i = intensidade de precipitação média máxima (mm h^{-1});
- TR = período de retorno (ano);
- t = tempo de duração da chuva (min);

- a, b, c e d = parâmetros de ajuste locais.

Para o ajuste dos parâmetros das relações IDF utilizou-se o método de otimização Solver, de forma a minimizar a soma dos quadrados dos desvios entre os valores das intensidades de precipitação estimada pelo modelo e observada. A qualidade do ajuste foi verificada pela análise dos coeficientes de determinação Nash-Sutcliffe e de desempenho de Camargo e Sentelhas (1997).

De posse das relações IDF disponíveis na literatura e as ajustadas neste trabalho, foram estimadas as intensidades de precipitação médias máximas para os tempos de duração da chuva de 5, 30, 60 e 120 min e período de retorno de 5anos. Os valores estimados das intensidades de precipitação foram espacializados em ambiente SIG empregando o ArcGis e a krigagem ordinária como interpolador.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a distribuição de frequência dos valores observados e teóricos obtidos pela distribuição de Gumbel para a estação INMET – Lavras, localizada na cidade de Lavras-MG, uma das estações avaliadas neste trabalho. Pode-se observar pela análise da série histórica, a aderência das frequências teóricas às observadas, comportamento este que foi verificado nas 4411 estações de coleta de dados de precipitação.Pelo teste de Kolmogorov-Smirnovverificou-se, para todas as estações empregadas neste estudo, que as frequências observadasaderiram àdistribuição teórica de Gumbel para um nível de significância de 5%.

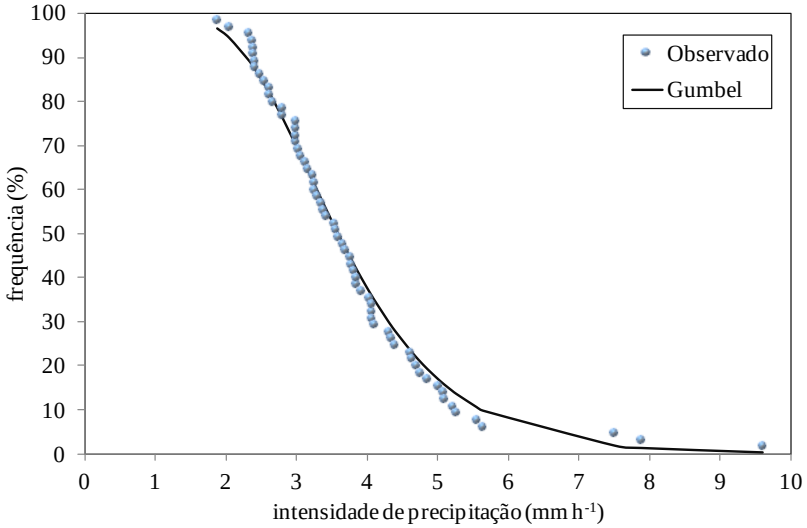


Figura 1. Distribuição de frequência das intensidades médias máximas para a estação de Lavras, MG.

De posse dos valores das intensidades de precipitação, estimadas pela distribuição de Gumbel para os diferentes tempos de duração da chuva e período de retorno de 5 anos, foram ajustados os parâmetros das relações IDF. Para a estação INMET – Lavras estimou-se a relação IDF expressa na Equação 2. Os valores estimados apresentaram coeficientes de determinação (R^2) de 0,9992, de Nash-Sutcliffe (C_{NS}) de 0,992 e de desempenho de Camargo e Sentelhas (c) de 0,9405, demonstrando a boa qualidade do ajuste. Este comportamento foi verificado nos ajustes das relações IDF para as 4411 estações pluviométricas empregadas neste estudo.

$$i = \frac{803{,}20557\ TR^{0{,}17002}}{(t+9{,}87654)^{0{,}72426}} \quad (2)$$

Os mapas temáticos das intensidades de precipitação médias máximas obtidas para os tempos de duração da chuva de 5, 30, 60 e 120 min para o período de retorno de 5 anos estão apresentados na Figura 2. Observa-se que há uma grande variabilidade das chuvas intensas no território brasileiro, com os maiores valores concentrados nos estados da Amazônia Legal e da região Sul do país e os menores na regiãoSemi-árida. Este comportamento se deve a movimentação atmosférica responsável pelas formações das Zonas de Convergência do Atlântico Sul e Intertropical que promovem um aporte das massas de ar com alta umidade, favorecendo a formação das chuvas na região norte e sul. Os resultados obtidos apresentam uma concordância com o trabalho de Torrico (1974) que propôs a divisão do território brasileiro em áreas homogêneas relativas às chuvas intensas, denominadas de isozonas que leva em consideração o comportamento climático regional.

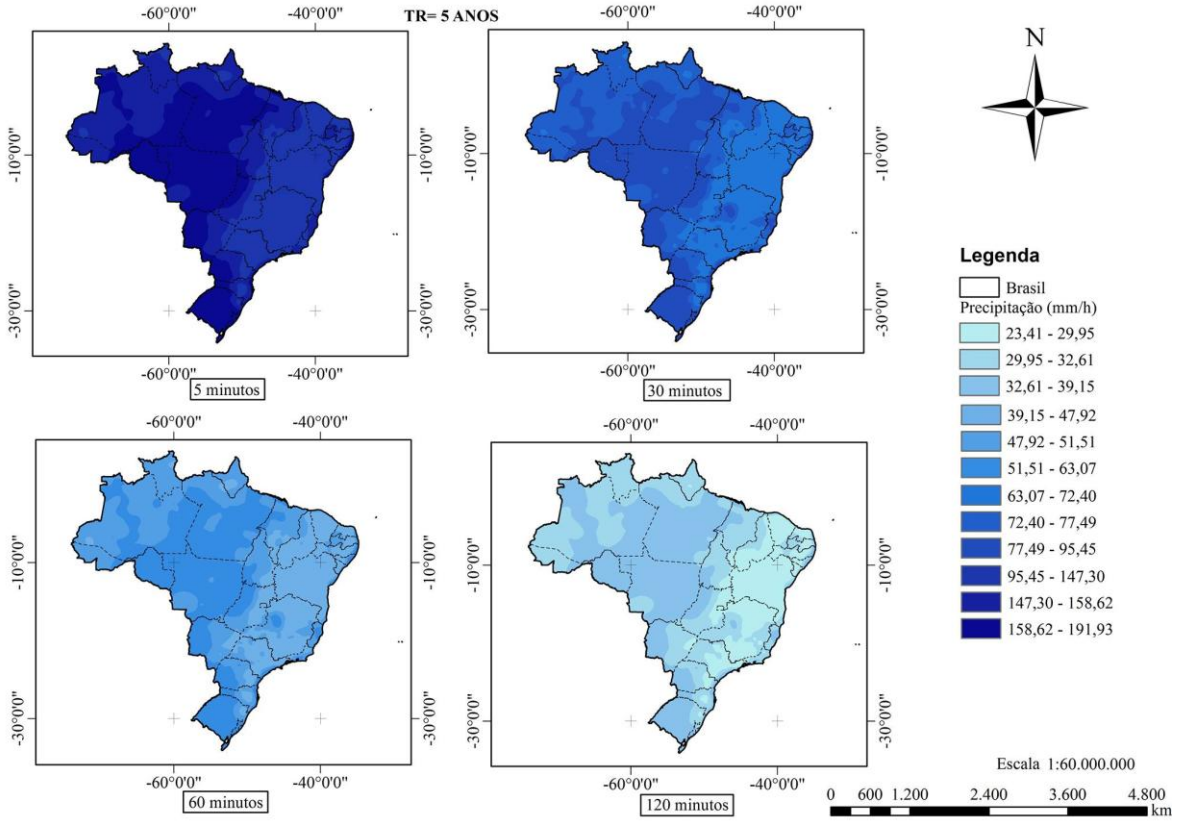


Figura 2. Distribuição espacial das chuvas intensas para as durações de 5, 30, 60 e 120 minutos e TR de 5 anos.

4. CONCLUSÕES

Ametodologia adotada na obtenção das relações IDF foi adequada, proporcionando a geração dos mapas temáticos das intensidades de precipitação médias máximas para os tempos de duração da chuva de 5, 30, 60 e 120 min e período de retorno de 5 anos, os quais permitem a obtenção das chuvas de projeto de estruturas hidráulicas utilizadas em obras de drenagem urbana, principalmente para as localidades desprovidas de estações de coleta de dados de precipitação, representando assim uma grande ferramenta para os projetistas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, G.M.R.; THEBALDI, M.S. Estimativa da precipitação máxima diária anual e equação de chuvas intensas para o município de Formiga, MG, Brasil. **RevistaAmbiente&Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v.11, n.4, p.891-902, 2016.

CALDEIRA, T.L.; BESKOW, S.; MELLO, C.R.; FARIA, L.C.; SOUZA, M.R.; GUEDES, H.A.S. Modelagem probabilística de eventos de precipitação extrema no estado do Rio Grande do Sul. **RevistaBrasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.197–203, 2015.

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **RevistaBrasileiraAgrometeorologia**, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

CAMPOS, A.R.; SANTOS, G.G.; SILVA, J.B.L.; IRENE FILHO, J.; LOURA, D.S. Equações de intensidade-duração-frequência de chuvas para o estado do Piauí. **RevistaCiênciaAgronômica**, v.45, n.3, p.488-498, 2014.

CECÍLIO, R.A.; XAVIER, A.C.; PRUSKI, F.F.; HOLLANDA, M.C.; PEZZOPANE, J.E.M. Avaliação de interpoladores para os parâmetros das equações de chuvas intensas no Espírito Santo. **Ambi-Água**, v.4, n.3, p.82-9

COSTA, A.R.; SANTOS, A.C.C; OLIVEIRA, L.F.C. Regionalização de equações de chuva no cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 5, 2001, Aracaju. **Anais**...Aracaju: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001.1 CD-ROM.

SHERMAN, C.W. Frequency and intensity of excessive rainfall at Boston. **Transaction Paper ASCE**, v.95, p.951-960, 1931.

SILVA, C.B., OLIVEIRA, L.F.C. Relação intensidade-duração-frequência de chuvas extremas na região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Climatologia, v.20, n.3, p.267-283, 2017.

TORRICO, J.J.T. **Práticas hidrológicas**. Rio de Janeiro: Transcom, 1975. 120p.

XAVIER, A.C.; CECÍLIO, R.A.; PRUSKI, F.F.; LIMA, J.S.S. Methodology for spatialization of intense rainfall equation parameters. **Engenharia Agrícola**, v.34, n.3, p.485-495, 2014.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

USO DE IMAGENS SENTINEL - 2AE O ALGORITMO SVM PARA MONITORAR AS APP DE NASCENTES E CURSOS D'AGUA DO RIBEIRÃO MARANHÃO, LAVRAS, MG.

[1]**Afonso, Ester**(ester.maressa@gmail.com),[2]**Conceição, Katyanne**(katyannevc@gmail.com),[1]**Campos, Beatriz** (beatriz_dominik@yahoo.com.br),[1]**Inácio, Franklin** (franklin.d-inacio@hotmail.com), [3]**Volpato, Margarete** (margarete@epamig.br)

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de EngenhariaAmbiental e Sanitária
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário,Lavras, Minas Gerais,Cep 37200-000
[2]**Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais-** Campus Barbacena, Barbacena, Minas Gerais, Cep 36205-018
[3]**Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais–** Campus Univeristário,Lavras, Minas Gerais,Cep 37200-000

RESUMO: A preservação de recursos hídricos, bem como a manutenção da diversidade de espécies e demais recursos naturais são de suma importância para estabelecer o equilíbrio. O objetivo deste estudo foi avaliar o uso e ocupação da terra nas APP das nascentes e curso d'água do Ribeirão Maranhão utilizando imagens Sentinel – 2A e o algoritmo de classificação SVM.A área de estudo está localizadanas nascentes até a foz do canal principal deste rio, no município de Lavras, estado de Minas Gerais. Utilizou-se a imagem do sensor Sentinel-2A do ano de 2016, que apresenta alta resolução espacial de 10m, obtida de forma gratuita na plataforma *Earth Explorer.* O processo de segmentação e classificação da área foi realizado no sistema*Definiens*® abordando o método GEOBIA e o algoritmo de classificação SVM. Para a acurácia da classificação foi calculado o índice *Kappa*. Constatou-se 25,86% do entorno do rio deve ser recuperado, enquanto que as nascentes encontram-se bem preservadas. Essa metodologia demonstrou ser rápida e econômica, permitindo uma gestão ambiental mais eficiente visando a fiscalização e preservação dos recursos naturais.

Palavras Chave: Acurácia; Preservação; Resolução espacial.

USE OF SENTINEL - 2A IMAGES AND THE SVM ALGORITHM TO MONITOR APP OF RIVERS AND WATER COURSES OF RIBEIRÃO MARANHÃO, LAVRAS, MG.

ABSTRACT: The preservation of water resources, as well as the maintenance of the diversity of species and other natural resources are of paramount importance in order to establish the balance. The objective of this study was to evaluate the use and occupation of land in the APP of the sources and watercourse of RibeirãoMaranhão using Sentinel - 2A images and the SVM classification algorithm. The study area is located in the sources to the mouth of the main channel of this river, in the municipality of Lavras, state of Minas Gerais. We used the Sentinel-2A sensor image from the year 2016, which has a high spatial resolution of 10m, obtained free of charge on the Earth Explorer platform. The process of segmentation and classification of the area was performed in the Definiens® system, addressing the GEOBIA method and the SVM classification algorithm. For the classification accuracy, the Kappa index was calculated. It was found that 25.86% of the river's surroundings must be recovered, while the springs are well preserved. This methodology proved to be fast and economical, allowing a more efficient environmental management aiming at the inspection and preservation of natural resources.

Keywords: Accuracy; Preservation; Spatial resolution.

1. INTRODUÇÃO

A preservação de recursos hídricos, bem como a manutenção da diversidade de espéciese demais recursos naturais são de suma importância para estabelecer um equilíbrio ecológico e por consequência usufruirmos do meio natural sem esgotá-lo.

Segundo a lei nº 12.727 de 2012, as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, devem ter um raio mínimo de 50 (cinquenta) metros preservado.

De acordo com a mesma legislação a Área de Preservação Permanente (APP) é definida como a "área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas".

A degradação e a retirada da vegetação no entorno das nascentes contribuem por sua vez para a indisponibilidade dos recursos hídricos, considerando que a água da chuva deixa de ser absorvida pelas plantas e não chega aos aquíferos, além da compactação do solo que também impede a penetração da água (DUPASA et al., 2015).

Desta forma, surge a preocupação em preservar as áreas de nascentes e entorno de rios, mantendo sua vegetação natural e o solo conservado de eventuais atividades antrópicas.

Para o acompanhamento dessas áreas torna-se importante aliar meios tecnológicos que auxiliam na obtenção de dados que a partir da compilação e processamento irão gerar informações a respeito de possíveis atividades humanas realizadas em locais de que seriam destinados à preservação.

Alguns dos métodos tecnológicos a serem empregados na busca de informações é a utilização de imagens aeroespaciais por meio de sensores orbitais aliada à técnicas de geoprocessamento, que facilitam o monitoramento de regiões extensas, com baixo custo e ainda permiteobterinformações em locais que muitas vezes são de difícil acesso (JENSEN, 2009; CAIXETA, 2009).

Por volta do ano de 2015os mapeamentos ainda eram realizados com imagens gratuitas com baixa resolução espacial que resultavam em menor precisão, ou cenas comerciais com resolução espacial e melhor precisão, porém de alto custo. Contudo, naquele ano a Agência Espacial Europeia (ESA) foi precursora e disponibilizou gratuitamente imagens do satélite Sentinelcom alta resolução espacial, temporal e espectral, tornando os mapeamentos e monitoramentos mais precisos e de baixo custo.

Diante do contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o uso e ocupação da terra nas APP das nascentes e curso d'água do Ribeirão Maranhão utilizando imagens Sentinel – 2A e o algoritmo de classificação SVM.

2. METODOLOGIA

A área de estudo compreende as APP do Ribeirão Maranhão, localizadas entre as coordenadas geográficas: - 21°10' a 21°19' e -45°6' a -45°7', em suas nascentesaté a foz do canal principal, no município de Lavras, estado de Minas Gerais (Figura 1). Foi criada uma área no entorno do rio, com 30m de largura para cada lado e para as nascentes designou-se o raio de 50m, atendendo ao código florestal brasileiro.

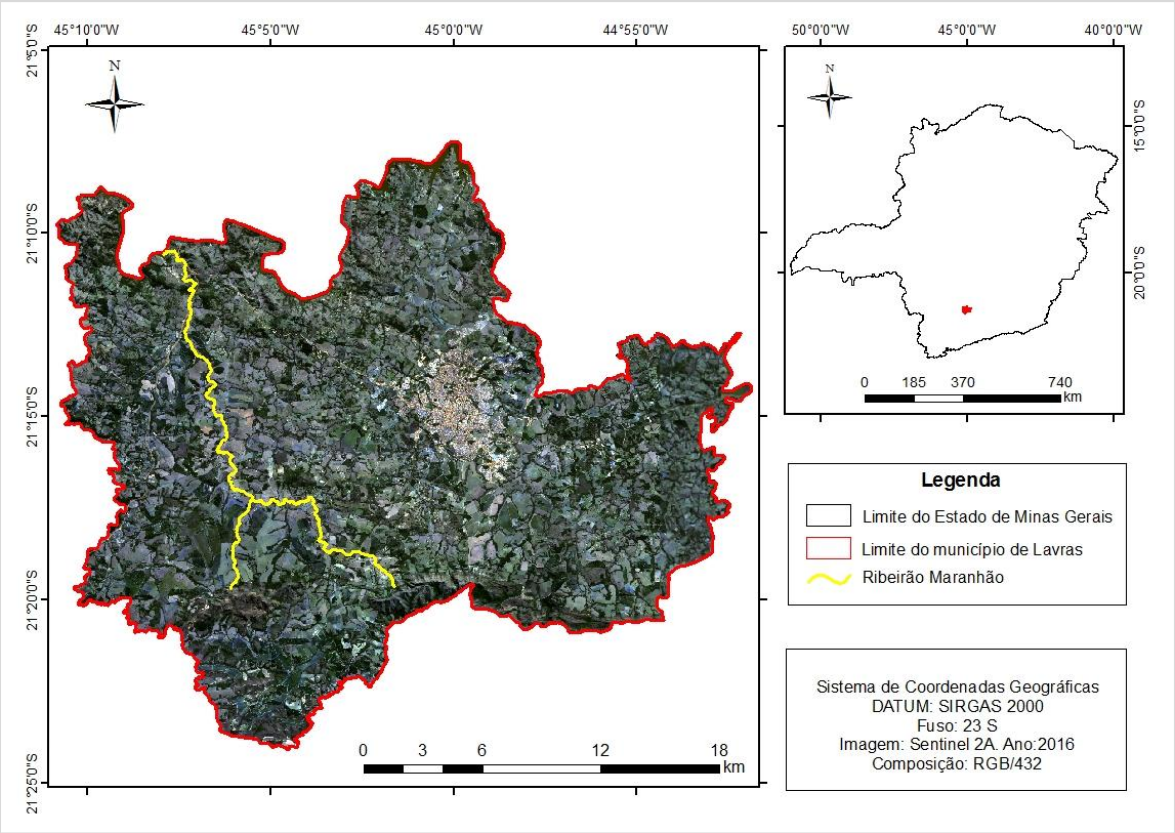


Figura 1. Mapa de Localização da área de estudo.

Para a análise do uso e ocupação do terra nos entornos das nascentes e APP, utilizou-se a imagem do sensor Sentinel-2A do ano de 2016, que apresenta alta resolução espacial de 10m, obtida de forma gratuita na plataforma *Earth Explorer*(http://earthexplorer.usgs.gov/)do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United StatesGeologicalSurvey* - USGS). Adotou-se como projeção o Sistema de Coordenadas *Universal Transversa de Mercator*(UTM), DATUM Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000) e o fuso 23 Sul.

O processo de segmentação e classificação da área foi realizado no sistema*Definiens*® abordando o método GEOBIA (GeographicObject-BasedImageAnalysis). Esta técnica permite a divisão de imagens orbitais em objetos-imagem a partir de suas características na análise espacial e temporal (HAY; CASTILLA, 2008).

As classes de uso foram escolhidas com base no Manual Técnico de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística(IBGE,2013). Na etapa de segmentação utilizou-se as bandas 2, 3, 4, 8 e NDVI e os seguintes parâmetros: Escala = 70; Shape = 0,3; Compactness = 0,7. Após esta etapa, coletou-se amostras das classes de Água, Áreas Antrópicas Agrícolas, Áreas Antrópicas Não Agrícolas, Áreas de Vegetação Natural e Outros (Afloramento rochoso, piscicultura, demais formas de usos da terra). Em seguida, executou-se o algoritmo de classificação *Support Vector Machine* – SVM. Este algoritmo consiste em uma técnica de aprendizado no qual cria um hiperplano de separabilidade das feições de duas ou mais classes. Este método tem apresentado aumento na aplicação pela comunidade de Aprendizado de Máquina (AM), pois os resultados desta técnica são análogos, e muitas vezes, superiores a outros algoritmos de aprendizagem, por exemplo, as Redes Neurais Artificiais (RNAs) (MITCHELL,1997).

Após o processo de classificação, foram exportadas as imagens em formato *raster*e *shapefile*para recorte e análise espacial e quantitativa utilizando-se o *software* ArcMap®.

Para a acurácia da classificação foi calculado o índice Kappa que é avaliado com base em uma matriz de erros que consiste na medida de concordância entre o mapa e a referência adotada para a estimativa da exatidão. A Equação 1 calcula o coeficiente Kappa (COHEN, 1960):

$$K = \frac{n\sum_{i=n}^{c} xii - \sum_{i=n}^{c} xi + x + i}{n^2 - |\sum_{i=n}^{c} xi + x + i} \quad (1)$$

Sendo:
K = Coeficiente Kappa de concordância;
n = Número de observações (pontos amostrais);
xii = Observações na linha i e coluna i;
xi= Total marginal da linha i;
$x+i$= Total marginal da coluna i.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi possível identificar a extensão do rio e quantificar o uso da terra na APP. O canal principal do curso d'água apresenta extensão de 24,02 km e o canal menor 12,09 km. As análises inferem que a área total delimitada no entorno do rio é de 252,00 ha, com 185,79 ha de Área Natural Vegetada (Tabela 1).

Tabela 1.Quantificação do uso da terra na APP do Ribeirão Maranhão.

Classes de Uso	Área (ha)	Área (%)
Água	1,03	0,41
AntrópicasAgrícolas	62,53	24,81
VegetaçãoNatural	185,79	73,73
AntrópicaNãoAgrícola	0,19	0,07
Outros	2,46	0,98
	252,00	100

Por meio dos resultados e do mapa de classificação (Figura 2), nota-se que 25,86% do uso da terra na APP do Ribeirão Maranhão não encontra-se em consonância com o proposto na Legislação ambiental.Cada nascente apresenta área do entorno de 0,88 ha. Na área do entorno da nascente do canal principal verificou-se que 0,14 ha está inserida na classe de área de vegetação natural e0,74 ha na classe "Outros" (sendo especificamente de afloramento rochoso). Enquanto que a APP da nascente do canal secundário é composta por 100% de vegetação natural.

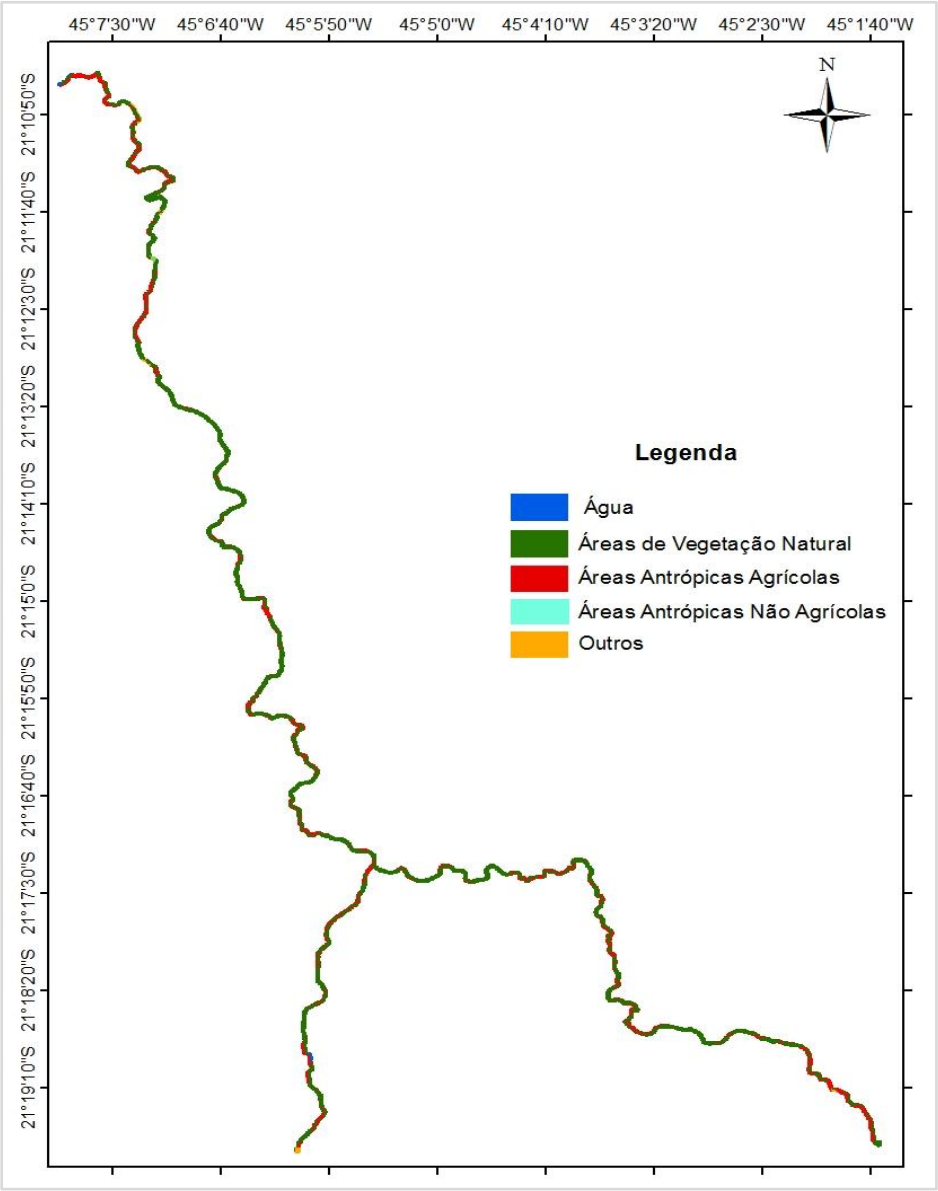


Figura 2. Classificação do uso terra na APP do Ribeirão Maranhão.

Para a acurácia da classificação do algoritmo SVM, foi realizado o Coeficiente de exatidão Kappa que evidenciou 97% de precisão para a APP do curso d'água, ou seja, um ótimo resultado obtido por esta técnica.

4. CONCLUSÕES

A utilização de imagens do sensor Sentinel-2A em consonância com o algoritmo SVM e o método GEOBIA permitiram monitorar o uso da terranas APP das nascentes e curso d'água do Ribeirão Maranhão. Constatou-se 25,86% do entorno do rio deve ser recuperado, enquanto que as nascentes encontram-se bem preservadas. Essa metodologia demonstrou ser rápida e econômica, permitindo uma gestão ambiental mais eficiente visando a fiscalização e preservação dos recursos naturais.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG e Consórcio Pesquisa Café pelo financiamento do projeto e bolsas concedidas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Lei N° 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/lei/12651.htm>. Acesso em: 10 jul. 2017.

CAIXETA, D.M. Mapeamento, Identificação e Monitoramento das Áreas de Proteção Permanente ao longo do Ribeirão Anicuns no Município de Goiânia – Go.**Anais** XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 617-622.

COHEN, J.A. **Coefficient of agreement for nominal scales. Educational and Psychological Measurement**, 20:37-46, 1960.

DUPASA, R.; DELMASC, M.; DORIOZD, J. M.; GARNIERE, J.; MOATARF, F.; GASCUEL-ODOUXA, C. (2015). Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk. **Ecological Indicators**, v. 48, p. 396-407.

HAY, G.J., CASTILLA, G. Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA): a new name for a new discipline. In: Blaschke, T., Lang, S., Hay, G. (Eds.), Object- Based Image Analysis. **Springer**, Heidelberg, Berlin, New York, p. 75–89, 2008.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro, 171 p., 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual_usodaterra.shtm>. Acesso em: 19 jul. 2017.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: uma perspectiva em Recursos Terrestres. Traduação de J. C. N. Epiphanio. São José dos Campos, SP: Parênteses, 2009. 598 p. (Prentice Hall Series in Geographic Information Sciennce) Tradução de: Remote Sensing of the environment: na earth resource perspective.

MITCHELL, T. **Machine Learning**. McGraw Hill,New York, 1997.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. Disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov/. Acesso em 05/03/2017.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores sãoos únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES MÉTODOS DE AMOSTRAGEM E QUANTIFICAÇÃO DE AMÔNIA ATMOSFÉRICA EM LAVRAS, MINAS GERAIS

[1]Prianti, Marcelo T. A. (marcelo.prianti@posgrad.ufla.br),**[1]Filho, Marcelo V. S** (marcelo.filho@deg.ufla.br), **[1]Yanagi, Silvia N. M** (silvia.yanagi@deg.ufla.br), **[2]Fornaro, Adalgiza** (adalgiza.fornaro@iag.usp.br)

[1]Universidade Federal de Lavras - Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

[2]Universidade de São Paulo - Departamento de Ciências Atmosféricas, Rua do Matão 1226, 05508-090, São Paulo, SP, Brasil

RESUMO: Ao longo do século XXI, a amônia atmosférica caracteriza-se como a única fonte precursora de partículas de aerossóiscom previsão de crescimento. As taxas de emissões amoniacaisapresentam tendência de crescimento na última década, em escala global, acompanhando o aumento das atividades agrícolas, como consequência do crescimento na demanda por produção de alimentos. O objetivo do presente estudo é verificar os níveis de concentração de fundo de amônia atmosférica presente em Lavras, Região Sul de Minas Gerais, utilizando diferentes métodos de quantificação e amostragem. Especificamente, a partir dessa iniciativa, são apresentados resultados referentes à calibração e análises químicas das concentrações amoniacais de fundo, no intuito de construir inventáriosde fontes de nitrogênio para regiões agrícolas do Brasil.Foramutilizados dois equipamentos para as campanhas amostrais: (i) o amostrador de gases - APV TRIGAS (referenciado como "*impinger*"); e (ii) a estação meteorológica automática - modelo WatchDog. Dados de radiação solar, umidade do ar, temperatura, ponto de orvalho, velocidade e direção do vento e pressão atmosférica foram utilizados para a calibração do método de amostragem, assim como diferentes métodos analíticos. Como soluções de absorção, foram avaliados os ácidos sulfúrico, oxálico e cítrico, tendo quantificação por cromatografia líquida e pelo método Kjeldahl. Após calibração do método, obteve-se as seguintes vazões nos orifícios críticos: OC 350 – 0,19 $L.min^{-1}$; OC 483 – 0,17 $L.min^{-1}$; OC 482 – 0,14 $L.min^{-1}$. Observou-se concentrações médias - NH_3de 0,23 $\mu mol.m^{-3}$; 0,21 $\mu mol.m^{-3}$e 0,36 $\mu mol.m^{-3}$para cada solução absorvedora utilizada. Para o presente trabalho, o ácido oxálico mostrou-se como melhor método analítico para a análise da amônia atmosférica via cromatografia iônica.

Palavras Chave: poluição do ar; emissões atmosféricas; amônia; cromatografia iônica, Kjeldahl.

COMPARISON BETWEEN DIFFERENT METHODS OF SAMPLING, AND QUANTIFICATION, OF ATMOSPHERIC AMMONIA, IN LAVRAS, MINAS GERAIS

ABSTRACT: Ammonia is characterized as the only source of aerosol particles expected to grow, in terms of emission rate, throughout the 21st century. The NH3 emissions, have been increasing in the last decade, on a global scale, accompanying the increase in the agricultural activities, as a result of increasing demand for food production. The objective of the present study, is to verify the background concentration levels of atmospheric ammonia in Lavras, Southern Region of Minas Gerais. Calibration, and chemical analysis of ammonia background concentrations are presented, in order to improve the nitrogen sources inventories for Brazilian agricultural regions. Two equipment were used for the sampling campaigns: (i) the gas sampler - APV TRIGAS (referenced as "impinger"); and (ii) the automatic weather station - WatchDog model. Data of solar radiation, air humidity, temperature, dew point, wind speed and direction and atmospheric pressure were used for the calibration of the sampling method, as well as different analytical methods. After calibration of the method, the following flows were obtained forthe critical holes: OC 350 – 1,96 $L.min^{-1}$; OC 483 - 0.17 $L.min^{-1}$; OC 482 - 0.14 $L.min^{-1}$. The Mean NH_3 concentrations, were 0.23 $\mu mol.m^{-3}$, 0.21 $\mu mol.m^{-3}$, and 0.36 $\mu mol.m^{-3}$, for each absorber solution used. In this experimental campaign, oxalic acid has shown itself asa proper solution for analysis of atmospheric ammonia by ion chromatography.

Keywords: air pollution, atmospheric emissions, ammonia, ion chromatography, Kjeldahl.

1. INTRODUÇÃO

A emissão de amônia gasosa traz uma série de consequências indesejadas ao planeta. Além de contribuir para a formação de aerossóis impactando diretamente na qualidade do ar e no clima, seu transporte e eventual deposição, pode afetar significativamente as taxas de fixação de carbono, implicar em processos de eutrofização em cursos d'água, e causar perda de biodiversidade de ambientes sensíveis. Em altas concentrações a amônia torna-se um gás tóxico para a fauna em geral, sendo que, em pequenas concentrações pode gerar problemas de mau cheiro.(PAULOT et al., 2014; SEINFELD, WILEY, 2006).

Estudos recentes indicam que os níveis de emissão de amônia vêm aumentando na última década, em escala global, acompanhando o aumento na realização de atividades agrícolas, em consequência de crescente demanda por produção de alimentos.(BEHERA et al., 2013; ZHU et al., 2015). Razão pela qual, Zhu et al, (2015)afirmamque a amônia caracteriza-se como a única fonte de partículas de aerossóis prevista para crescer, em termos de taxa de emissão, ao longo do século XXI, sendo que lançamentos de origem antropogênica, estão previstos para dobrar até o ano de 2100 (ZHU et al., 2015).

A principal fonte de emissão de amônia para a atmosfera é a agricultura, sendo responsável pela grande maioria das emissões totais do gás, de modo que, a utilização de fertilizantes que contenham nitrogênio e a criação intensiva de animais, aparecem como os principais responsáveis pela referida liberação. Outras fontes também possuem participação nos lançamentos atmosféricos de NH_3,dentre as quaispode-se citar as emissões veiculares, os processos industriais, a queima de biomassa, a volatilização a partir de solos e oceanos, e a decomposição vegetal e microbiana (US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2004).

A estimativa global de emissões de amônia apresentada por Paulot et al., (2014), mostra que 63% do total de emissões mundiais de NH_3, tem origem nos processos antropogênicos para fins de produção de alimentos. Desta maneira, caso não existam mudanças no atual sistema de produção (alimentos), a emissão de NH_3 aumentará com o passar do tempo, acompanhando as crescentes demandas mundiais, e assim, tornando mais evidentes os impactos oriundos dos excessos de NH_3 na atmosfera. É importante ressaltar que um dos principais impactos gerados pela referida liberação, é a produção de material particulado (aerossóis), que eleva as taxas de mortalidade em organismos, culminando em custos exorbitantes para a sociedade, tanto financeiros como socioambientais.(PAULOT et al., 2014).

As atuais estimativas de lançamento de NH_3 na atmosfera carecem de precisão, a natureza extremamente diversa das atividades agropecuárias e a complexidade das reações formadoras dos aerossóis, associadas a um número limitado de estudos relacionados à amônia, contribuem para um alto grau de incerteza nas avaliações contemporâneas relacionadas às fontes e a distribuição do NH_3 na atmosfera. (COMMITTEE ON THE ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES, 2000; ZHU et al., 2015)(COMMITTEE ON THE ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES, 2000; ZHU et al., 2015). Tal constatação é importante no sentido de indicar a necessidade de realização de constantes monitoramentos ambientais das concentrações de amônia atmosférica.

O objetivo do presente estudo é verificar os níveis de concentração de fundo de amônia atmosférica presente em Lavras, Região Sul de Minas Gerais, utilizando diferentes métodos de quantificação e amostragem. Especificamente, a partir dessa iniciativa, são apresentados resultados referentes à calibração e análises químicas das concentrações amoniacais de fundo, no intuito de construir inventários de fontes de nitrogênio para regiões agrícolas do Brasil.

2. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido na Universidade Federal de Lavras - UFLA, localizada no município de Lavras / MG, de acordo com as coordenadas UTM (N) 7.641.028.962; UTM (E) 502.816,286 - SIRGAS 2000, e com uma altitude de 1.038 metros.

Dois equipamentos foram utilizados para as amostragens de amônia: o amostrador de gases - APV TRIGAS e a estação meteorológica automática - modelo WatchDog. Ambos equipamentos foram instalados em frente ao laboratório da Engenharia Sanitária e Ambiental – UFLA. A estação meteorológica realizou o monitoramento das seguintes variáveis: radiação solar; temperatura; velocidade e direção do vento; umidade; ponto de orvalho; precipitação e pressão atmosférica.

O amostrador de gases - APV TRIGAS, funciona borbulhando-se um volume conhecido de ar, através de uma solução de absorção, de modo a reter o gás desejado,para posterior análise.

O equipamento (APV TRIGAS) consiste em: funil de captura, distribuidor de gás (coletor de vidro), 3 conjuntos de frascos borbulhadores, filtro para retenção de partículas e gotículas, 3 orifícios críticos (agulhas hipodérmicas), bomba de vácuo, gasômetro, horâmetro, timer e vacuômetro.

O fluxo de ar através do APV TRIGAS ocorre da seguinte maneira: o funil de captura é o local onde o ar entra no trem de amostragem, seu objetivo é reduzir a passagem de gotículas de água para o interior do equipamento. Em seguida, o ar passa por um coletor de vidro, que divide a corrente em três partes. Cada um desses três fluxos é encaminhado para um frasco borbulhador. Nesses frascos, as soluções absorvedoras atuam e retém os gases poluentes, neste caso, a amônia, de modo que o ar continua circulando no equipamento.

Após a retenção da amônia atmosférica, o ar passa por filtros de partículas e gotículas, e depois é enviado aos orifícios críticos. Os orifícios críticos são dispositivos que controlam a vazão de amostragem de forma contínua. Para este projeto, agulhas hipodérmicas foram utilizadas como orifícios críticos. As mesmas foram calibradascontra bolhômetros certificados,no laboratório de efluentes atmosféricos da UFLA, antes do início das amostragens, de acordo com as especificações presentes no manual de operação do equipamento (ENERGÉTICA, 2015). Foram utilizadas três agulhas hipodérmicas neste trabalho: OC 350 –1,96 $L.min^{-1}$, OC 483 - 0,17 $L.min^{-1}$ e OC 482 - 0,14$L.min^{-1}$.

As amostragens de NH_3foram realizadas entre maio e junho de 2017. Nesta etapa, utilizou-se como soluções de absorção: ácido sulfúrico 0,05 mol/L, ácido sulfúrico 10 µmol/L, ácido oxálico 10 µmol/L, e ácido cítrico 10 µmol/L. Variou-se também, o tempo de execução das amostragens, entre 1 e 2 horas.A quantificação da amônia atmosférica foi realizada seguindo duas diferentes metodologias de análise: (i) através de cromatografia iônica; e (ii) análise do % de N pelo método Kjeldahl.

As amostragens realizadas com ácido sulfúrico, oxálico e cítrico –10 µmol/L, foram filtradas com filtro de 22µm, congeladas, e enviadas para o Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, para análise via cromatografia iônica. O cromatógrafo utilizado é da marca Metrohm, modelo 851. O limite de detecção deste método, para o NH_4^+é inferior a 1,0 µmol L^{-1}. Foram utilizadas as seguintes colunas de detecção para a amônia: Metrosep ASupp5 (250 mm x 4 mm) + Metrosep column C2 150 (150 x4 mm).

As amostragens realizadas utilizando ácido sulfúrico 0,05mol/L, foram analisadas no laboratório de análise foliar do Departamento de Química da UFLA, através do método de Kjeldahl. A destilação foi realizada com 10 mL de NaOH 13 $mol.L^{-1}$, e 10 mL de ácido bórico, para 20 mL de amostra no destilador. A titulação da amônia foi realizada com ácido clorídrico HCl 0,07143 $mol.L^{-1}$. O fator de correção do ácido é 1,01. A porcentagem de nitrogênio na amostra é igual ao volume de HCl gasto na titulação dividido pelo fator de correção do ácido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** abaixo, pode-se verificar as condições atmosféricasdurante o monitoramento de NH_3no período de 07/04 até 18/05 de 2017. A mesma apresenta os valores médios de: pressão atmosférica (P_{amb}), umidade relativa do ar (UR), temperatura de orvalho (t_{orv}), radiação solar, temperatura ambiente (t_{amb}) e temperatura interna (t_{int}), ou seja, dentro do equipamento – APV TRIGAS. Também são apresentadas: as leituras de controle do aparelho APV TRIGAS durante os monitoramentos, o volume de ar (m^3); a pressão interna dosistema e o tempo de amostragem.

Os valores obtidos em termos de temperatura ambiente, pressão atmosférica, radiação solar, e umidade relativa do ar, condizem com os valores apresentados pela estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras.

Os valores verificados no vacuômetro, mostram que a condição de estabilidade de fluxo de ar dentro do aparelho, está sendo cumprida durante a realização das amostragens. O volume de ar contabilizado pelo gasômetro, condiz com as vazões dos orifícios críticos (agulhas hipodérmicas) e o tempo de funcionamento da bomba empregados durante as amostragens. O tempo real de funcionamento da bomba a vácuo, representado pelo horâmetro, condiz com o tempo programado para realização das amostragens.

	Data (00/00/0000)	Gasômetro (m^3)	Horâmetro (1/100 h)	Vacuômetro (mmHg)	T_{int} (C°)	T_{amb} (C°)	P_{amb} (mmHg)	UR (%)	T_{orv} (C°)	Radiação (W/m^2)
Am 05	07/04/2017	4,243	37,34	560	27,1	23,40	748,9	83,8	21,4	264
Am 06	07/04/2017	4,570	39,34	560	28,9	27,00	748,5	65,4	21,0	597
Am 07	10/05/2017	4,899	41,34	560	30,6	22,30	749,8	67,4	17,3	661
Am 08	10/05/2017	5,059	42,34	560	35,0	25,60	749,1	39,4	13,6	89
Am 09	10/05/2017	5,221	43,34	560	20,2	21,70	748,9	55,2	13,7	0
Am 10	12/05/2017	5,381	44,34	560	31,3	20,50	750,3	54,0	12,5	720
Am 11	12/05/2017	5,540	45,34	560	31,6	22,30	749,8	47,7	12,3	62
Am 12	17/05/2017	5,701	46,34	560	27,3	21,40	749,6	61,9	15,5	536
Am 13	17/05/2017	5,861	47,34	560	22,5	21,30	748,7	66,5	16,2	185
Am 14	18/05/2017	6,021	48,34	560	20,8	19,70	749,4	71,0	15,6	284
Am 15	18/05/2017	6,178	49,34	560	23,5	20,50	749,0	66,8	15,5	369
Am 16	18/05/2017	6,338	50,34	560	24,3	20,60	748,7	65,5	14,6	253

Tabela 1: Condições de controle das amostragens 05 a 16

São apresentados na Tabela 2 abaixo, os resultados referentes a calibração dos orifícios críticos utilizados no experimento: OC 350, OC 483 e OC 482. A calibração foi realizada contra bolhômetros certificados, antes do início das amostragens. Foram feitas sete repetições (calibrações) para cada orifício, de modo a obter o tempo crítico (t_c) relativamente constante.

Os valores de vazão encontrados para cada orifício crítico, condizem com os ensaios de calibração anteriormente realizados pela empresa ENERGÉTICA – QUALIDADE DO AR.

Orifício Crítico	Bolhômetro utilizado	V_{mc} (mL)	t_c médio (s)	Q_{oc} ($L.min^{-1}$)
OC 350	B 500	486,28	14,88	1,96
OC 483	B 150	145,26	50,03	0,17
OC 482	B 150	145,4	59,14	0,14

Tabela 2: Resultados da calibração dos orifícios críticos

Na Tabela 3**Erro! Fonte de referência não encontrada.** são apresentados os valores de concentração de NH_4^+obtidos via cromatografia iônica, para os ácidos sulfúrico, oxálico e

cítrico, para as amostragens de 05 a 16, todas com tempo de amostragem de 1 hora. São apresentados também os valoresda média e desvio padrão das concentrações encontradas para cada solução de absorção utilizada, ou seja, os valores da média e desvio padrão obtidos, quando se utilizou ácido sulfúrico, oxálico e cítrico.

Uma hora de amostragem	NH_4^+ (µmol.L^{-1})			Uma hora de amostragem	NH_4^+ (µmol.L^{-1})			Uma hora de amostragem	NH_4^+ (µmol.L^{-1})		
	Am 07	Am 08	Am 09		Am 10	Am 11	Am 13		Am 14	Am 15	Am 16
Ácido Sulfúrico 10µmol.L^{-1}	2,075	NA	2,168	Ácido Oxálico 10µmol.L^{-1}	2,593	1,056	1,608	Ácido Cítrico 10µmol.L^{-1}	1,928	5,364	1,51
	2,807	2,47	0,892		2,927	1,123	1,113		2,536	2,406	1,323
	4,598	1,693	1,772		3,715	1,95	1,128		2,687	1,635	1,313
Média	2,309			Média	1,913			Média	2,300		
Desvio padrão	1,087			Desvio padrão	0,965			Desvio padrão	1,262		

Tabela 3: Resultados – Cromatografia iônica – amostragens 07 a 16

NaTabela 4, apresentam-se os valores de concentração de amônia atmosférica encontrados para as amostragens 07 a 16. Observou-se concentrações inferiores de NH_3, em todas as amostragens, para o orifício crítico OC 350. Os valores obtidos para os orifícios críticos OC 483 e OC 482 foram próximos, para todas as amostragens. Os monitoramentos realizados com ácido cítrico, apresentaram os maiores valores de concentração de amônia, juntamente com a maior variação nos mesmos. Os monitoramentos realizados com ácido oxálico apresentaram certa constância em todas as amostragens, com uma menor variação nos valores de NH_3obtidos. As campanhas realizadas com ácido sulfúrico, apresentaram valores próximos aos encontrados com ácido oxálico, porém com uma variação maior nas concentrações das replicatas.

A discrepância encontrada para os valores de NH_3, utilizando-se o ácido cítrico, pode ser explicada pela procedência do reagente utilizado. O mesmo, no momento do preparo da solução, não estava em sua embalagem original, e pode ter sido anteriormente contaminado.

Uma hora de amostragem	NH_3 (µmol.m^{-3})			Uma hora de amostragem	NH_3 (µmol.m^{-3})			Uma hora de amostragem	NH_3 (µmol.m^{-3})		
	Am 07	Am 08	Am 09		Am 10	Am 11	Am 13		Am 14	Am 15	Am 16
Ácido Sulfúrico 10µmol.L^{-1}	0,021	NA	0,022	Ácido Oxálico 10µmol.L^{-1}	0,026	0,011	0,032	Ácido Cítrico 10µmol.L^{-1}	0,039	0,107	0,030
	0,393	0,346	0,125		0,410	0,157	0,312		0,710	0,674	0,371
	0,530	0,195	0,204		0,428	0,225	0,260		0,620	0,377	0,303
Média (µmol.m^{-3})	0,230			Média (µmol.m^{-3})	0,207			Média (µmol.m^{-3})	0,359		
Média (µg.m^{-3})	3,902			Média (µg.m^{-3})	3,516			Média (µg.m^{-3})	6,103		
Desvio padrão	0,181			Desvio padrão	0,162			Desvio padrão	0,267		

Tabela 4: Resultados – Concentração atmosférica de fundo – NH_3

Para o método de Kjedahl, considerou-se o ponto de viragem do HCl como 0,01ml. Utilizando a densidade padronizada da amônia, obtiveram-se os valores de concentração: 2,93 µgm^{-3}, 41,01 µgm^{-3}e 33,77 µgm^{-3}para as agulhas OC 350, OC482, OC483, respectivamente. Devido ao volume do ponto de viragem, as concentrações calculadas denotam o limite de detecção de NH_3em atmosfera livre pelo método proposto.

Na tabela 4, observa-se que as concentrações médias de amônia atmosférica (9 amostras em duplicata) variaram entre 3,52 e 6,10µgm^{-3}, e tal ordem de grandeza de concentração foi obtida apenas pela agulha OC 350 no método de Kjedahl. Isso posto, observa-se que o método para o cálculo de % de nitrogênio, não se mostra tão propício quando comparado as análises cromatográficas para determinação de amônia atmosférica. Em especial, utilizando-se a solução absorvedora de ácido oxálico 10µmol.

4. CONCLUSÕES

Analisando os resultados obtidos pela primeira campanha de amostragens (Am05 a Am16), verifica-se que é possível determinar amônia atmosférica na Universidade Federal

de Lavras,por ambas as metodologias de análise propostas, ou seja, cromatografia iônica e método de Kjeldahl.

Obteve-se as seguintes concentrações médias de NH_3 para a cromatografia iônica: 0,23, 0,21 e 0,36 µmol.m^{-3}, utilizando como solução absorvedora os ácidos sulfúrico, oxálico e cítrico respectivamente. Observou-se concentrações de amônia similares, entre as amostragens realizadas com ácido sulfúrico e ácido oxálico. Os valores mais altos de NH_3,foram obtidos utilizando o ácido cítrico.

Ao final das análises, verificou-se que, para o presente projeto, o ácido oxálico caracteriza-se como melhor solução para captura, e análise da amônia atmosférica, via cromatografia iônica.

Obtiveram-se os seguintes valores de concentração de amônia, via metodologia de Kjeldahl: 2,93 µgm^{-3}, 41,01 µgm^{-3}e 33,77 µgm^{-3}para as agulhas OC 350, OC 482, OC 483, respectivamente.

Verificou-se que somente o orifício crítico OC 350 está apto a realizar amostragens de amônia atmosférica, para posterior análise via método de Kjeldahl.

5. AGRADECIMENTOS

Departamento de Química

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEHERA, S. N. et al. Ammonia in the atmosphere: A review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, n. 11, p. 8092–8131, 2013.

COMMITTEE ON THE ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES. **Atmospheric Ammonia: Sources and Fate A Review of Ongoing Federal Research and Future Needs**. [s.l: s.n.].

ENERGÉTICA. **Energética Qualidade do AR - Manual de Operação APV TRIGÁS**, 2015.

PAULOT, F. et al. Ammonia emissions in the United States, European Union, and China derived by high-resolution inversion of ammonium wet deposition data: Interpretation with a new agricultural emissions inventory (MASAGE-NH3). **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 119, n. 7, p. 4343–4364, 2014.

SEINFELD, J. H.; WILEY, J. **ATMOSPHERIC From Air Pollution to Climate Change SECOND EDITION**. [s.l: s.n.].

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **ESTIMATING AMMONIA EMISSIONS FROM ANTHROPOGENIC NONAGRICULTURAL SOURCES**. [s.l: s.n.].

ZHU, L. et al. Sources and Impacts of Atmospheric NH3: Current Understanding and Frontiers for Modeling, Measurements, and Remote Sensing in North America. **Current Pollution Reports**, v. 1, n. 2, p. 95–116, 2015.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

APLICAÇÃO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NO MONITORAMENTO DA CONVERSÃO DO USO DO SOLO EM NÍVEL DE PROPRIEDADE RURAL EM LAGOA DOURADA-MG

[1]**Lima, Victor** (victorld57@yahoo.com), [1]**Teixeira, Lucas** (lgomes@engambiental.ufla.br),[1]**Chaves, Michel** (micheldchaves@gmail.com)[1]**Pereira, Jaqueline** (jaaque.np@gmail.com), [1]**Alves, Marcelo** (marcelo.alves@deg.ufla.br)

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000.

RESUMO: Neste trabalho foi realizado um levantamento acerca da cobertura vegetal do solo em uma pequena propriedade rural no município de Lagoa Dourada- MG, com a finalidade de observar a redução nas áreas de vegetação nativa mediante a expansão agrícola e pastoril. Desse modo, foram utilizadas imagens Landsat 8 OLI/TIRS, com resolução espacial de 30 metros, para os meses de julho de 2013 e janeiro de 2015, as quais permitiram obter o Índice de Vegetação Realçado – EVI, Índice de Vegetação Ajustado ao Solo – SAVI e Índice de Umidade por Diferença Normalizada – NDMI, com uso do Sistema de Informação Geográfica QGIS 2.14.16. Com isso, observou-se as mudanças na biomassa, o efeito do fundo do solo, a variação da estrutura do dossel, estresse hídrico da vegetação e o conteúdo de água na cobertura vegetal, o que levou a conclusão que houve uma remoção na vegetação nativa e considerável mudança no uso do solo. Logo conclui-se que o uso do sensoriamento remoto – aqui aplicado de forma gratuita, tanto em material quanto em técnicas, traz grandes benefícios e pode gerar vários resultados e informações dos fenômenos analisados de forma mais rápida, mais precisa e menos onerosa do que as técnicas convencionais.

Palavras Chave: expansão agrícola; modificação no uso do solo; EVI; SAVI; NDMI.

APPLICATION OF VEGETATION INDICES IN THE MONITORING OF THE CONVERSION OF THE USE OF SOIL IN RURAL PROPERTY LEVEL IN LAGOA DOURADA-MG

ABSTRACT: In this work a survey was carried out on the soil cover in a small rural property in the municipality of LagoaDourada - MG, aiming to observe the reduction in the native vegetation areas through agricultural and pastoral expansion. Thus, Landsat 8 OLI / TIRS images with spatial resolution of 30 meters were used for the months of July 2013 and January 2015, which allowed to obtain the Index of Enhanced Vegetation - EVI, Index of Vegetation Adjusted to Soil - SAVI and Normalized Difference Moisture Index - NDMI using the QGIS Geographic Information System 2.14.16. Thus, changes in biomass, soil bottom effect, canopy structure variation, water stress of vegetation and water content in the vegetation cover were observed, which led to the conclusion that there was a removal in the native vegetation and considerable change in land use. Therefore, it is concluded that the use of remote sensing - applied in a freeway, both in material and techniques, brings great benefits and can generate several results and information about the phenomena analyzed faster, more accurate and less costly than conventional techniques.

Keywords: agricultural expansion; modification in land use; EVI; SAVI; NDMI.

1. INTRODUÇÃO

O desmatamento é uma atividade crescente que ocorre de forma ilegal e descontrolada por todos os biomas do Brasil, colocando em risco a biodiversidade da fauna e da flora, além de afetar diretamente as condições de quantidade e qualidade dos recursos hídricos de uma região.

De acordo com dados da Fundação SOS Mata Atlântica e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (SOSMA; INPE, 2017), o Estado de Minas Gerais vem enfrentando, nos últimos anos, um aumento na taxa de desmatamento, em decorrência do avanço da indústria carvoeira e da conversão da floresta por plantios de eucalipto. Minas Gerais liderou o *ranking* em sete das últimas nove edições do Atlas da Mata Atlântica, com municípios figurando na lista dos que mais desmatam. Mais do que isso, dada a heterogeneidade do recorte espacial mineiro, muitos desmatamentos ocorrem em pequenas propriedades, seja por ação criminosa visando a obtenção desenfreada de lucro financeiro ou por desconhecimento dos danos causados pela derrubada de mata nativa.

O desmatamento transcorrido em escala de propriedade torna mais difícil a fiscalização, e é, até mesmo para o sensoriamento remoto, um fator que dificulta a análise, devido à resolução espacial dos sensores em órbita, que diz respeito à capacidade de imageamento dos mesmos.

Desse modo, é de útil a realização de pesquisas para estimar a extensão do crescente desmatamento em Minas Gerais e em todo o Brasil e o sensoriamento remoto surge como uma grande alternativa a ser usada nesses casos, visto que possibilita a obtenção de informações sobre alvos na superfície terrestre (objetos, áreas, fenômenos), por meio do registro da interação da radiação eletromagnética com a superfície. (JENSEN, 2009).

Diante deste cenário, este trabalho visou utilizar as técnicas de sensoriamento remoto para avaliar um processo de desmatamento transcorrido entre os anos de 2013 e 2015 em uma propriedade rural de pequeno porte do município mineiro de Lagoa Dourada, visando observar se as técnicas aplicadas oferecem suporte efetivo ao pequeno produtor e aos órgãos de fiscalização no que diz respeito ao combate e ao monitoramento do desmatamento em pequenas propriedades.

2. METODOLOGIA

A área de estudo, uma propriedade rural de pequeno porte (Figura 1), está situada no município de Lagoa Dourada, Minas Gerais, cuja população estimada em 2017 é de 13.056 habitantes. O bioma predominante é a Mata Atlântica, com clima temperado úmido, inverno seco e verão temperado (Cwb segundo a classificação Köppen-Geiger), onde as principais atividades econômicas desenvolvidas são agricultura, pecuária, comércio e prestação de serviços (BRASIL, 2010).

Figura 1 – Imagens da área de estudo referentes aos períodos anterior (2013) e posterior (2015) à remoção da vegetação nativa para a expansão agrícola.

Para avaliar a supressão da vegetação por meio de imagens de satélite, foi realizado o download de imagens Landsat 8 OLI/TIRS, com resolução espacial de 30 metros, para as seguintes datas: julho de 2013 e janeiro de 2015. As imagens foram obtidas do portal *Earth Explorer* (earthexplorer.usgs.gov) (USGS, 2017). Em seguida, foi identificada a área de estudo em uma imagem de alta resolução no *Google Earth* gerando um arquivo *shapefile*(.shp), cuja finalidade era demarcar a extensão e limites da propriedade rural em questão.

As imagens Landsat foram reprojetadas para a zona UTM de interesse (23 Sul) e ajustadas para a reflectância de superfície. Em seguida, por meio do método DarkObjectSubtraction1 (DOS 1), foi efetuada a correção atmosférica em ambas, visando eliminar ruídos atmosféricos e melhorar a acuidade da análise. Posteriormente, o arquivo shapefile gerado foi utilizado para efetuar o recorte das imagens Landsat 8 nos limites da área de estudo. Ao final, foi gerado um *band set* (uma imagem composta com todas as bandas), representado na Figura 2.

As imagens Landsat foram reprojetadas para a zona UTM de interesse (23 Sul) e ajustadas para a reflectância de superfície. Em seguida, por meio do método DarkObjectSubtraction1 (DOS 1), foi efetuada acorreção atmosférica em ambas, visando eliminar ruídos atmosféricos e melhorar a acuidade da análise. Posteriormente, o arquivo *shapefile* gerado foi utilizado para efetuar o recorte das imagens Landsat 8 nos limites da área de estudo. Ao final, foi geradoum *band set* (uma imagem composta com todas as bandas), representado na Figura 2.

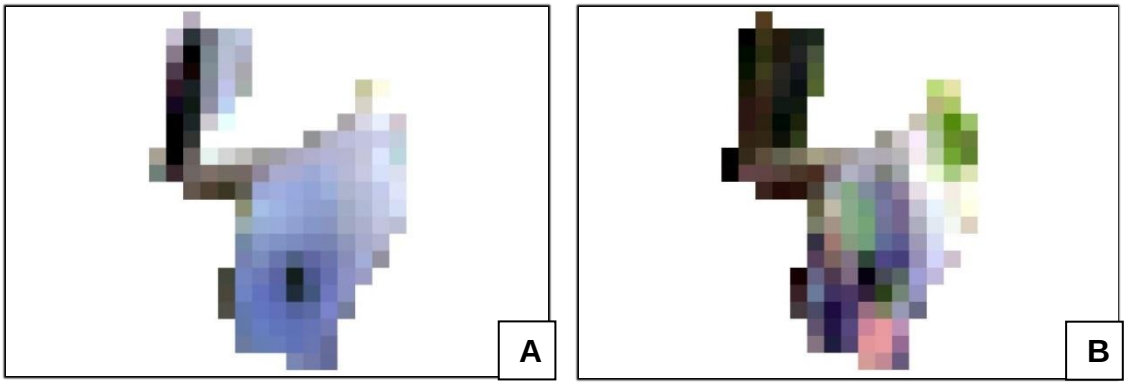


Figura 2-Imagens Landsat 8 de 2013 (A) e 2015 (B) recortadas com os limites da área de estudo.

Visando observar diferenças no vigor vegetativo, foram calculados três índices de vegetação: o EnhancedVegetation Index (EVI), relacionado ao vigor vegetativo e sensível à variação da estrutura do dossel, o SoilAdjustedVegetation Index (SAVI), que minimiza o efeito de brilho oriundo da presença de solo em meio à vegetação, e o NormalizedDifferenceMoisture Index (NDMI), relacionado ao conteúdo de água na vegetação.

O EVI é calculado por meio da Equação 1 (Justice et al., 1998):

$$EVI = G \times \frac{(NIR - R)}{(NIR + C1 + R - C2 + B + L)} \quad (1)$$

O IVP é a refletância na banda do infravermelho próximo, V é a reflectância na banda do vermelho; A é a refletância na banda do azul; C1 é o coeficiente de ajuste para efeito de aerossóis da atmosfera no vermelho; C2 é o coeficiente de ajuste para efeito de aerossóis

da atmosfera no azul; L é o fator de ajuste para o solo; G é o fator de ganho. Os valores de coeficientes adotados são: L = 1, C1 = 6, C2 = 7,5 e o fator de ganho G = 2,5 (Justice et al., 1998).

O SAVI é calculado por meio da Equação 2 (Huete, 1988).

$$SAVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R + 0{,}5)} \times 1{,}5 \qquad (2)$$

NIR é a reflectância na banda do infravermelho próximo, R é a reflectância na banda do vermelho e 1,5 é o fator de ajuste para o substrato do dossel sugerido por Huete (1988).

E o NDMI é calculado por meio da Equação 3 (Vogelmann; Rock,1988).

$$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)} \qquad (3)$$

NIR é a reflectância na banda do infravermelho próximo e SWIR é a reflectância na banda do infravermelho de ondas curtas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio do cálculo dos índices de vegetação foram gerados os seguintes mapas (Figura 3) para os anos de 2013, à esquerda e 2015, à direita.

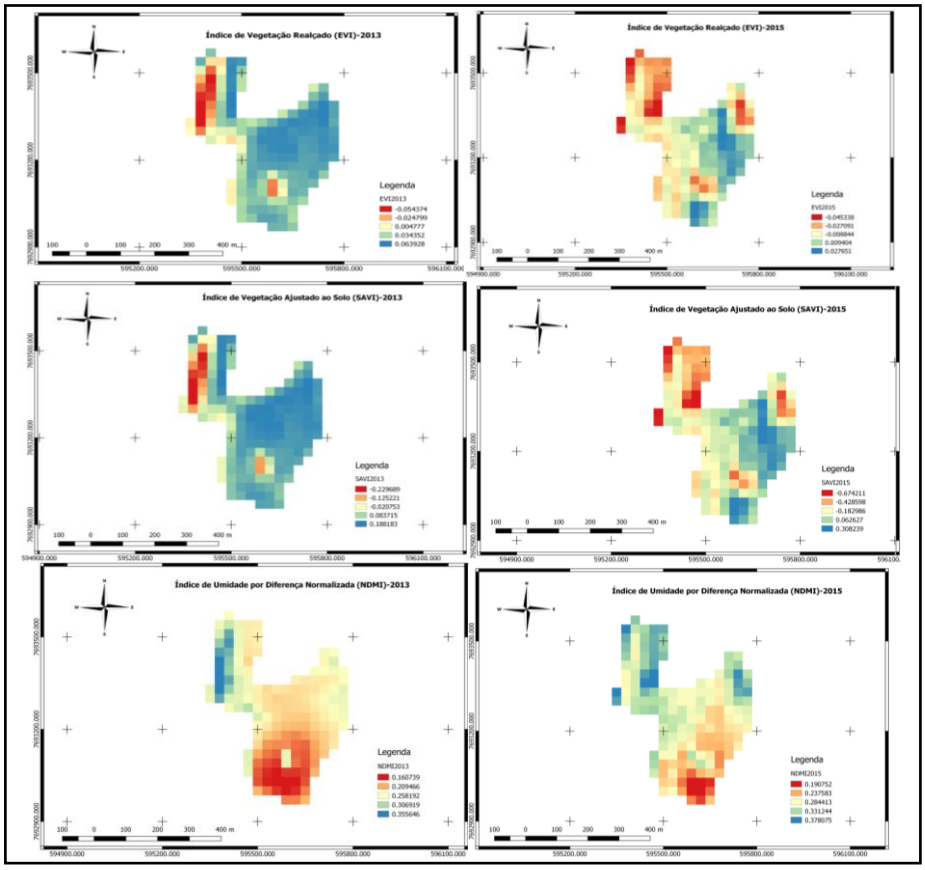


Figura 3 - Representação dos resultados obtidos pelo cálculo dos índices de vegetação.

Por considerar a variação da estrutura do dossel e o conteúdo de água na cobertura vegetal, bem como minimizar o efeito de fundo do solo sobre os valores detectados pelos índices de vegetação, esta metodologia permitiu acompanhar mudanças na biomassa e avaliar o estresse hídrico da vegetação, tornando mais completa a análise.

Foi possível constatar que houve remoção da vegetação nativa e uma considerável mudança na cobertura do solo na pequena propriedade rural em questão. Foi observado o maior vigor vegetativo para o ano 2013 na região de mata nativa, enquanto que na região de campo/cerrado e terras cultivadas o vigor foi menos intenso.

Para o ano 2015, os mesmos índices apresentaram comportamento diferente, pois, devido a remoção da vegetação nativa, as áreas que apresentaram maior vigor vegetativo foram as que estavam cultivadas com leguminosas e as áreas nas quais o solo estava arado apresentaram menor vigor vegetativo.

Com relação ao teor de umidade na vegetação, a área de mata nativa apresentou os maiores valores (35,6%) na imagem de 2013, enquanto que a área cultivada apresentou os menores (16,07%). Entretanto, para o ano 2015 a região cultivada onde a vegetação estava mais desenvolvida apresentou maiores valores dos índices, bem como maior teor de umidade (37,81%) em relação às outras regiões da propriedade.

Estas diferenças podem ser explicadas pelas datas das imagens, fator que evidencia a influência da sazonalidade e do dinamismo da vegetação ao longo de um ciclo. Correspondente ao mês de janeiro, precedido por meses chuvosos e no qual também há grande volume de precipitação, a imagem de 2015 apresenta a agricultura em época de maior vigor, fator que está diretamente relacionado aos maiores valores nos índices, visto que a chuva é responsável pelo aumento do vigor vegetativo. Em conjunto, o maior desenvolvimento das folhagens promoveu maior proteção do solo em relação aos raios solares, e, consequentemente houve menor perda de umidade no solo.

Em relação à imagem de 2013, ressalta-se que, devido à imagem ser do mês de julho, de entressafra e com baixo volume de precipitação, os valores dos índices tendem a ser mais baixos, especialmente, para as áreas agrícolas.

4. CONCLUSÕES

O sensoriamento remototraz grandes benefícios e pode gerar vários resultados e informações acerca dos fenômenos analisados de forma mais rápida, mais precisa e menos onerosa do que as técnicas convencionais. Devido às limitações das imagens, o seu uso em conjunto com o conhecimento prévio da área reduz a possibilidade de erros.

Sendo assim, a utilização do *EnhancedVegetation Index - EVI*, o *SoilAdjustedVegetation Index - SAVI* e o *NormalizedDifferenceMoisture Index–NDMI*comprovou que houve desmatamento no período estudado. As imagens demonstraram que a maior parte da propriedade rural em questãofoi convertida em áreas cultivadas, pastagem ousolo arado, fazendo com que a cobertura vegetal original seja representada por pequenas porções. Portanto, mesmo existindo legislações que criminalizam o desmatamento, tais com Código Florestal e Lei de Crimes Ambientais,o desmatamento ainda é um serio problema a ser controlado, necessitando maior fiscalização dos órgãos públicos e principalmente maior conscientização da população.

Os resultados obtidos por meio da geração de índices de vegetação foram satisfatórios, uma vez que já conhecia-se a propriedade e o histórico do manejo solo. Para estudos futuros, sugere-se a segmentação das imagens para uma posterior classificação, visando evidenciar e quantificar o processo de desmatamento em pequenas propriedades.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. IBGE. **Censo Demográfico**, 2010. Disponível em (https://cidades.ibge.gov.br). Acesso em 17/10/2017.

CORREIA, F. W. ALVALÁ, R. C. S, MANZI, A. O impacto das modificações da cobertura vegetal no balanço de água na Amazônia: um estudo com modelo de circulação geral da atmosfera (MCGA). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3, p. 1-15, 2006.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2015-2016. **Relatório técnico.**São Paulo, 2017.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment,** v. 25, p. 53-70, 1988.

INPE. **Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite, Projeto PRODES**. São José dos Campos SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: (https://dpi.inpe.br/prodesdigital/prodes.php). Acesso em: 20/10/2017.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução: José Carlos Neves Epiphanio. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

JUSTICE, C. O.; VERMOTE, E.; TOWNSHEND. J. R. G.; et al. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 36, n. 4, p.1228-1247, 1998.

VOGELMANN, J. E.; ROCK, B. N., 1988. Assessing forest damage in high-elevation coniferous forests in Vermont and New Hampshire using Thematic Mapper data. **Remote Sensing of Environment,** v. 24, n. 2, p. 227–246.

UNITED STATES OF GEOLOGICAL SURVEY (USGS).Earth Explorer. Disponível em: (https://earthexplorer.usgs.gov/). Acesso em: 14/10/2017.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

ESTIMATIVA DA CONCENTRAÇÃO ATMOSFÉRICA DE MONÓXIDO DE CARBONO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS - UFLA

[1]**Prianti, Marcelo T. A**. (marcelo.prianti@posgrad.ufla.br),[1]**Pereira, Jaqueline N.** (jaaque.np@gmail.com),[1]**Lima, Vitor H. R.**(victorld57@yahoo.com), [1]**Teixeira, Sabrina L.** (sabrinalarat@gmail.com), [1]**Filho, Marcelo V. S** (marcelo.filho@deg.ufla.br)

1Universidade Federal de Lavras - Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: Estudos e pesquisas sobre a qualidade do ar têm sido abordados com maior frequência devido aos danos causados à saúde humana pelos poluentes atmosféricos. Deficiência pulmonar, problemas respiratóriose alguns tipos de câncer,apresentam associaçõescom a poluição atmosférica.Dentre os poluentesemitidos,o monóxido de carbono (CO) merece destaque, devido ao seu potencial tóxico para diversos organismos. O presente trabalho buscou verificar os níveis de CO existentes em Lavras-MG, em períodos letivos e de recesso na Universidade Federal de Lavras - UFLA. Para a estimativado monóxido de carbono utilizou-se do medidor de gases portátil DG 500 – INSTRUTHERM.Também foram contabilizados os veículos (leves, pesados e motocicletas) que trafegavam no local de amostragem.A partir dos resultados, verificou-se que houve uma relação entre as concentrações de CO com o número de veículos: na semana letiva, a média horária de maior concentração foi de 7,33 ppm, cujo fluxo chegou a 14.844 veículos por semana. Todavia, no período sem ministração de aulas, para um fluxo de 7.744 veículos por semana, a média de maior concentração de CO foi 4,9 ppm. Diante disso, exposições contínuas aos teores máximos de CO (período letivo) seria o equivalente a fumar dois cigarros por dia, de acordo com estudos.Observou-se também que houve ultrapassagem do padrão de qualidade do ar (CONAMA nº 03/1990) para CO de 35ppm por 4 vezes durante o período de monitoramento.

Palavras Chave: monóxido de carbono; emissões veículares; poluição atmosférica, qualidade do ar.

ESTIMATION OF THE CARBON MONOXIDE ATMOSPHERIC CONCENTRATION, AT THE FEDERAL UNIVERSITY OF LAVRAS - UFLA

ABSTRACT: Studies and research in air quality has been increasing due to the damage to human health caused by air pollutants. Lung deficiency, respiratory problems, and some cancers, are highly related to air pollution. Among the emitted pollutants, carbon monoxide (CO) deserves to be highlighted, due to its toxic potential for various organisms. The present study sought to verify the levels of CO in Lavras-MG, during vacations and normal classes at the Federal University of Lavras - UFLA. For the measurement of carbon monoxide, the equipment DG 500 - INSTRUTHERM, was used. All the cars, motorcycles and heavy vehicles, that traveled at the sampling site, were also counted. From the results, it was verified, that there was a relationship between the CO concentrations, and the number of vehicles: in the week, the hourly average of the highest concentration was of 7.33 ppm whose flow reached 14,844vehicles per week. However, in the period without classes, for a flow of 7.744vehicles per week, the hourly average, of the highest CO concentration, was 4.9 ppm.Therefore, continuous exposures to maximum CO levels, would be the equivalent of smoking two cigarettes per day, according to studies. It was also observed that the air quality standard (CONAMA nº 03/1990) was exceeded for CO of 35ppm for 4 times during the monitoring period.

Keywords: carbon monoxide; vehicle emissions; air pollution, air quality.

1. INTRODUÇÃO

Estudos e pesquisas sobre a qualidade do ar têm sido abordados com maior frequência devido aos danos causados à saúde pelos poluentes atmosféricos. Segundo as diretrizes da qualidade do ar da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2005), deficiência pulmonar, problemas respiratórios e cutâneos e até alguns tipos de câncer estão relacionados com a poluição atmosférica.

Além das emissões de poluentes de origem industrial, vale ressaltar aquelas de origem veicular que afetam diretamente os grandes centros urbanos. De acordo com um levantamento realizado pela CETESB em 2004, na Região Metropolitana de São Paulo, os veículos automotores foram responsáveis pelas emissões de 83,2% de CO, 81,4% de HC, 96,3% de NO_x, 38,9% de MP_{10}, que são as partículas inaláveis, e 53% de SO_x.

Dentre os gases contaminantes liberados na atmosfera que interferem na saúde e no ambiente, merece destaque o monóxido de carbono, (CO), oriundo da combustão incompleta de combustíveis à base de carbono. Exposições a altas concentrações de CO podem levar à morte, pois uma vez no organismo, a molécula se junta à hemoglobina formando a carboxihemoglobina que impede o oxigênio de ser transportado para todo o corpo (WHO, 1999).

Nesse caso, a Conama nº 3/1990 estabelece as concentrações máximas de poluentes, com base nos padrões de qualidade adotados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA). É estabelecido um padrão primário que fornece limites para proteger a saúde pública, incluindo aqueles “sensíveis” como asmáticos, crianças e idosos. E um padrão secundário que estabelece limites para proteção do bemestar da população. O permitido para monóxido de carbono num tempo de amostragem de 1 hora é de 35ppm tanto para o padrão primário quanto para o secundário. Entretanto,para 8 horas de amostragem, o padrão primário e secundário é de 9 ppm. Vale ressaltar que não existem muitos estudos relacionados à poluição atmosférica, bem como estimativas de concentrações de monóxido de carbono na cidade e regiões adjacentes (LIU et al., 1999).

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal de Lavras – Lavras/MG, de acordo com as coordenadas: lat 21°13'56.10"S, long. 44°59'48.82” O, com uma elevação de 870 metros.

Foram feitas duas campanhas de monitoramento de CO. Ambas realizadas de segunda a sexta-feira, com amostragens de uma hora de duração, iniciando nos horários de 07:00, 12:00 e 17:00 hora local. Todos os monitoramentos foram realizados em duplicatas, ou seja, utilizando-se de dois aparelhos de detecção concomitantemente. A primeira campanha foi realizada entre 04 e 08/09/2017, enquanto que, a segunda, entre 25 e 29/09/2017, caracterizando-se como um período de recessoacadêmico, e outro com atividades letivas normais na UFLA, respectivamente.

Para medição do monóxido de carbono, utilizou-se do medidor de gases portátil DG 500 – INSTRUTHERM. O equipamento trabalha com um sensor eletroquímico para detecção do CO, e a faixa de detecção do método é de 0 a 1000ppm. Posicionou-se os aparelhos próximos ao meio fio, a aproximadamente, um metro de altura, com seus sensores voltados para a rua, durante todas as amostragens. Os dados fornecidos pelo medidor de gases portátil e observações, como o estado de conservação dos veículos, foram anotados em fichas levadas a campo.

Figura 2.Detector de gases utilizado - DG 500 –Instrutherm

Também foram contabilizados todos os carros, motos e veículos pesados que trafegavam no local, durante a realização dos monitoramentos através de um contadoreletrônico em períodos intervalados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As quantidades de veículos no período de recesso e letivo na UFLA tiveram diferenças marcantes, enquanto na temporada de férias o tráfego semanal chegou a 7.744 veículos, com início das aulas esse valor atingiu 14.844. Conforme descrito na figura 3, observa-se a variação do total de veículos para os dias da semana monitorados.

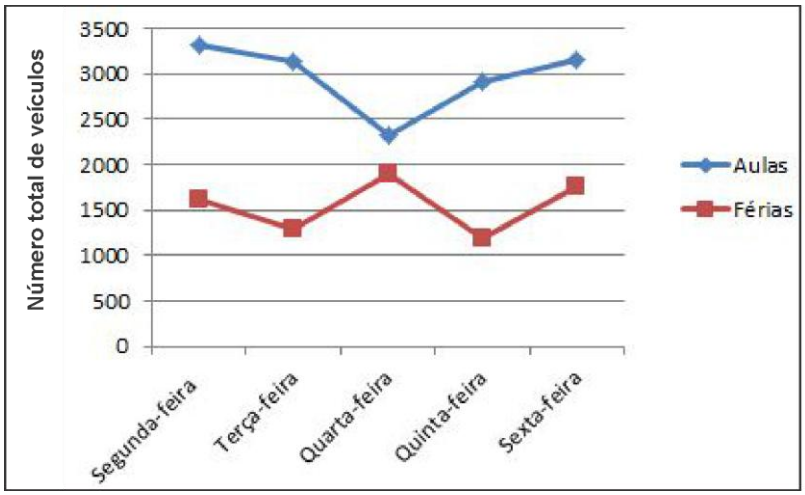


Figura 3.Frota veicular diáriada UFLA, no período de férias e de aulas.

Com relação ao perfil veicular do tráfego, observou-sepadrão comum nos dois períodos de amostragem. No qual, a proporção relativa deveículos leves (de passeio) atingiu valores próximos de 75%, em contrapartidapara o percentual de motocicletas os valores foram de aproximadamente 20%, enquanto que os veículos pesados somaram apenas 4% da frota total circulante.A figura 4 exibe as quantidades e os percentuais dos veículos contabilizados.

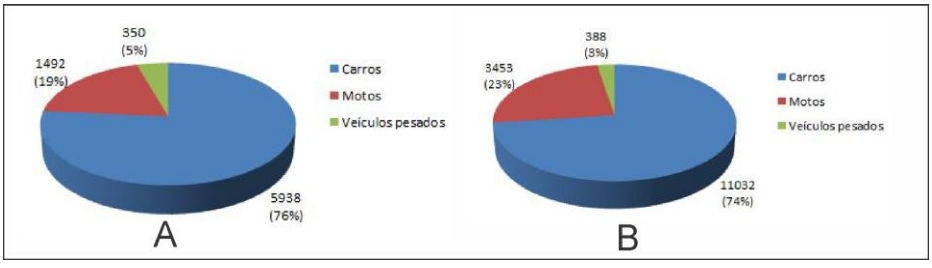


Figura 4. Perfil do tráfego de veículos na UFLA, duranteas férias (A), e no período de aulas (B).

Com relação às concentrações de monóxido de carbono, a figura 5demonstra todos os valores captados pelo amostrador portátil, para ambos os períodos de amostragem. Utilizou-se o padrão primário e secundário de 35 ppmpara média horária, preconizada pela CONAMA 3/90, como uma forma de avaliar os níveis de emissão bem como a sua distribuição temporal.

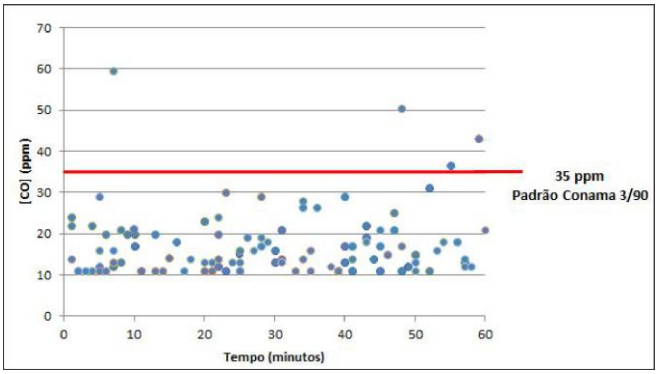


Figura 5. Concentrações de CO ao longo do tempo na UFLA.

É importante destacar que o medidor de gases portátil DG 500 – INSTRUTHERM possui algumas limitações, como a não detecção de concentrações de monóxido de carbono menores que 11ppm. Para preenchimento dessas falhas foram utilizados métodos estatísticos de interpolação, adotando valores de background de 2,75ppm para o período de férias (quartil inferior do menor valor detectado pelo medidor portátil) e o dobro deste valor para o período de aulas, 5,5ppm. Após as correções, foram calculadas médias horárias para cada dia da semana em ambos os períodos.

Fazendo uma análise comparativa, observou-se que os maiores valores de emissão demonóxido de carbono foram encontrados no período de aulas, tal fato se justifica devido ao trafego de veículos praticamente dobrar nessa época. Entretanto, a frota veicular diária das quartas-feiras foram as que apresentaram os valores mais próximos, consequentemente as concentrações do monóxido foram as que mais se aproximaram entre os ciclos avaliados. A partir da figura 6 observam-seas máximas emissões horárias juntamente com o número total de veículos.

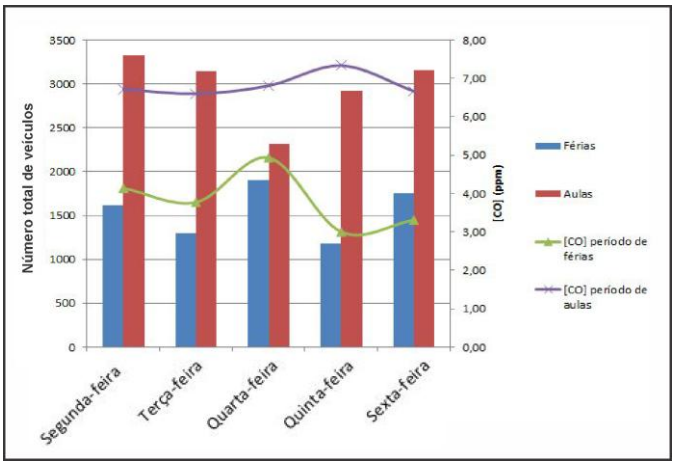


Figura 6.Variação semanal da concentração de monóxido de carbono na UFLA.

De posse dos resultados acima, utilizou-se a taxa de conversão das concentrações de monóxido de carbono em carboxihemoglobina descritas pela WHO (1999), na qual estabelece que para concentrações até 100 ppm de CO eleva a níveis de

carboxihemoglobina de 10% ou mais em caso de exposição contínua, entre 25 e 50 ppma taxa resultante não excederia 2% em pessoas não fumantes enquanto que para concentrações abaixo de 25 ppm essa taxa seria entre 0,3 e 0,7%. Quando comparamos com fumantes os dois últimos casos, o nível basal de carbohemoglobina é de 4% em média, com uma variação que geralmente é de 3 a 8%, um reflexo da absorção de CO presente na fumaça. Sendo assim, de acordo com as emissões veiculares constatadas, a taxa máxima de produção de carboxihemoglibinapoderia alcançar 10%, pois as maiores concentrações de CO foram próximas de 60 ppm, porém em um curto intervalo de tempo.De acordo com PINA E FURLAN (2010) e OLMO E PEREIRA (2011), os sintomas do envenenamento por CO aparecem quando 20% das hemoglobinas são ocupadas pelo monóxido de carbono, já para níveis entre 50 e 80% de carboxihemoglobina levaria o indivíduo à morte.

Conforme estudo realizado por ZEVIN et al. (2001), observou-se que pessoas que fumavam 20 cigarros por dia apresentavam média diária de 6 ±1% de carboxihemoglobina no sangue. Utilizando esse parâmetro como comparação,a média horária de maior concentração de monóxido de carbono obtida neste experimento (7,33ppm)e considerando que a taxa de produção de carboxihemoglobina seja de 0,7% (concentrações menores que 25ppm), então caso uma pessoa fique exposta continuamente às concentrações de CO no local avaliado seria o equivalente a fumar aproximadamente dois cigarros por dia.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos verificou-se que houve uma relação entre as concentrações de monóxido de carbono com a quantidade de veículos que trafegaram no ponto de amostragem.Obteve-se concentrações maiores de CO no período letivo da UFLA, 7,33ppm, quando comparado com o período de férias cuja maior média horária foi de 4,99 ppm.Ademais, apesar de não ter sido realizada uma inspeção veicular, observou-se que o grau de conservação da frota e o tempo de permanência no local influenciam na concentração de monóxido de carbono emitida,

Em termos de saúde pública, constatou-se que um indivíduo exposto continuamente às concentrações de CO no local avaliado seria o equivalente a fumar cerca de dois cigarros por dia.

Com relação ao Padrão de Qualidade do Ar,para o monóxido de carbono, as concentrações médias horárias encontradas para ambos os períodos avaliados estão dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 3/90. Entretanto, cabe ressaltar que durante a campanha experimental, observou-se a ultrapassagem do padrão de 35ppm por 4 vezes durante o período letivo demonstrando a necessidade da expansão da rede telemétrica da FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente).

Apesar da característica preliminar do estudo, cabe mencionar que este representa uma estimativa inicial da concentração de monóxido de carbono no município de Lavrascomo perspectiva futura de monitoramento da qualidade do ar na cidade e região.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho se consolidou por meio das atividades desenvolvidas pelo Núcleo de Estudos em Poluição Urbana e Agroindustrial- NEP UAI cuja participação e colaboração dos membros e do coordenador da equipe foram de suma importância para a conclusão deste.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, CETESB, **Qualidade do ar no estado de São Paulo**, São Paulo, 2011, 120 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, CETESB, **Relatório Anual de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo**, São Paulo, 2004.

OLMO N.R.S; PEREIRA L.A. **Poluição Atmosférica e Exposição Humana:** A Epidemiologia Influenciando as Políticas Públicas.v.6; n.2; Agosto, p 27-34. 2011.

PINA R.Z;.FURLAN M.M.D.P; **Monóxido de Carbono**: Uma nova Molécula de Sinalização Celular; **Revista Saúde e Pesquisa,** v. 3, n. 1, jan./abr. p -85-91. 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, WHO.**Carbon monoxide**, Geneva, 1999, 492p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION,WHO.**Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and súlfur dioxide**, 2005, 22p.

ZEVIN et al. **Cardiovascular Effects of CO and Cigarette Smoking**.Vol. 38, No. 6, Novembro, p 1633–1638. 2001.

LIU et al.Quadro atual e perspectivas do monitoramento da qualidade do ar na região metropolitana de Belo Horizonte. **Abes Rio 99**, p.2606-2614,1999.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

Tendências climatológicas da evapotranspiração de referência na região Sul de Minas Gerais

[1]**Almeida, Lucas** (lucasalmeidacristais@hotmail.com), [1]**Yanagi, Sílvia**(silvia.yanagi@deg.ufla.br), [1]**Vieira-Filho, Marcelo** (marcelo.filho@deg.ufla.br)

Universidade Federal de Lavras- Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO:A relação sobre a possível escassez de água e de mudanças climáticas tem sido amplamente discutida, levando a necessidade de investimento em estudos que visam compreender as causas e consequências dessas alterações. Dessa forma estudar o ciclo de água e suas perdas no sistema é de vital importância. A estimativa correta da Evapotranspiração serve de base para quantificar a água a ser fornecida ao solo na irrigação ou no monitoramento da quantidade de perda da água nas bacias hidrográficas e no ciclo hidrológico. Esse trabalho visou avaliar as normais climatológicas das variáveis intervenientes no processo de evapotranspiração. Os valores climatológicos foram comparados àdécada de 1997 a 2016 a fim de verificar tendências no compartamento da evapotranspiração de referência. Observou-se que dentre as variáveis intervenientes, a intensidade do vento apresentou o padrão mais anômalo quando comparado à normal climatológica. Os métodos de Penman-Monteith e Makkink mostraram-se associações pela análise de agrupamentos. Ademais, para os valores de evapotranspiração de referência, a variação relacionada à década de 2007 a 2016 apresentou valores ligeiramente maiores ao da climatologia no período de janeiro a fevereiro, e de setembro a dezembro (estação chuvosa).

Palavras Chave: evapotranspiração; rosa dos ventos; meteorologia; ciclo hidrológico.

PREDOMINANT PROCESSES IN THE CALCULATION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN THE SOUTH OF MINAS GERAIS

ABSTRACT: The linkage about water scarcity and climate change has been widely discussed, leading to the need for investment in studies aimed at understanding the causes and consequences of these changes. Moreover, water cycle studies and its connections in the system are of vital importance. The correct estimate of evapotranspiration serves as the basis for quantifying the water to be supplied to the soil in irrigation or in monitoring the amount of water loss in the river basins and in the hydrological cycle. This study aimed to evaluate the climatology of the variables involved in the evapotranspiration processes. The climatological values were compared to the decade of 1997 to 2016 in order to verify trends in the evapotranspiration. It was observed that among the intervening variables, the wind intensity presented the most anomalous pattern when compared to the climatological normal. The Penman-Monteith and Makkink methods showed associations by cluster analysis. In addition, for the reference evapotranspiration values, the variation related to the decade from 2007 to 2016 presented values slightly higher than the climatology in the period from January to February, and from September to December (rainy season).

Keywords:evapotranspiration; wind rose; meteorology; hydrological cycle

1. INTRODUÇÃO

O Ciclo Hidrológico e o fenômeno global de circulação de água entre a superfície terrestre e a atmosfera, está ligado ao movimento e troca de água nos seus diferentes estados físicos, entre os oceanos, as calotas de gelo, as águas superficiais e subterrâneas e a atmosfera. Esse movimento permanente deve-se ao sol, que fornece energia a evapotranspiração, e a gravidade que força a precipitação e que uma vez na superfície, circule ou se infiltre no solo, mas nem toda a água precipitada chega a superfície terrestre, já que parte é interceptada pela vegetação e se evapora.(TUNDISI, 2003)

Aevapotranspiração(ET) é a maneira no qual a água da superfície terrestre passa para a atmosfera no estado de vapor, tendo papel importantíssimo no ciclo hidrológico. Envolve a evaporação de superfícies de águas livres, e a transpiração dos solos e da vegetação úmida(que foi interceptada pela chuva),e também no qual e responsável por transportar 95% da água subterrânea para a atmosfera. (ZHAO *et al.*, 2013)A ETassume papel fundamental no balanço de águade bacias hidrográficas, juntamente com a precipitação. Essa junçãoresulta na vazão de bacias, e em menores proporçõesno cultivo, de forma que a ET delimita os processos de troca de água no solo, tais processos resultam na variação do armazenamento de água do solo, que por sua vez condicionará o desenvolvimento da cultura.(SENTELHAS; ANGELOCCI, 2009)

O termo evapotranspiração foi utilizado por volta do final da década de 1940 por Warren Thorwaite e Howard Penman, no qual tinha a preocupação de explicar as variações sazonais do balanço de água no solo e definir as diferenças regionais do clima. Penman preocupou-se com os processos físicos envolvidos na evaporação e desenvolvimento de um método, a partir de elementos meteorológicos. Mais tarde na década de 1960, Monteith com a base no método de Penman, propôs um novo método que estimava diretamente a Evapotranspiração, denominando-o Penman-Monteith, mas somente em 1990 *a FoodandAgricultureOrganization* (FAO) promoveu um encontro de especialistas na área, para analisar os conceitos e procedimentos e definir um método de referência que pudesse estimar a ET, sendo assim escolhido o método de Penman-Monteith, no qual passou denominar-se Penman-Monteith FAO (PM FAO) (CARVALHO *et al.*, 2011).

As atividades agrícolas demandam grandes quantidades de água, sendo cada vez mais preocupante a sua escassez, esforços têm sido empregados nodesenvolvimento de pesquisas que possibilitem a sua economia. Dessa formao correto conhecimento daevapotranspiração das culturas assume grande importância, ajudando a adotar um método adequado para se racionalizar o uso da água, e estimar a evapotranspiração da cultura (ETc), apartir da evapotranspiração de referência (ETo). (CARVALHO *et al.*, 2011)

Dentre os fatores intervenientes na evapotranspiração destacam-se, intensidade do vento, insolação, temperatura e umidade relativa que são consideradas em todos os modelos de evapotranspiração(TUNDISI, 2003).

Dado esse cenário, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o impacto das variações climatológicas na estimativa da evapotranspiração de referência na região Sul de Minas Gerais.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado no município de Lavras(MG), de acordo com as coordenadas: 21,75 S, 45,0 W, com uma elevação de 918,84 m. Foram utilizados os dados meteorológicos de superfície oriundos da estação climatológica de Lavras (#83687) oriundos do banco de dados da Rede do “Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)”. Utilizaram-se os dados meteorológicos de 2007 a 2016 e as normais climatológicas do período de 1961 a 1990.

As variáveis utilizadas para cálculo da evapotranspiração foram os valores diários: Temperatura Máxima, Temperatura Mínima, Temperatura Média, Insolação, Umidade Relativa e Velocidade do Vento.

O tratamento de dados foi realizado por programação em ambiente R, a partir dos dados obtidos do banco de dados do INMET. A linguagem R consiste de uma linguagem estatística, com código-fonte aberto R, no qual é possível realizar tratamentos estatísticos multivariados, além de análise de dados(Carslaw, D. C. and K. Ropkins, 2012 ;R Core Team 2017). Após o tratamento dos dados brutos, utilizou-se o *software* REF-ET (UniversityofIdaho)(ALLEN, 1998), para a estimativa de evapotranspiração através de métodos numéricos. Os dados de entrada para valores diários no REF-ET foram: (i) temperatura máxima; (ii) temperatura mínima; (iii)insolação; (iv)umidade relativa; (v) velocidade do vento e (vi) temperatura média. Os métodos de saída para evapotranspiração de referência foram: a) Penman-Monteith; b) Hargreaveas e c) Makkink. As expressões matemática e respectivos termos estão relacionados abaixo:

Penman-Monteith

Equação 1.$$ETo = \frac{0{,}408\,\Delta\,(R_n - G) + Y\,\frac{900}{T_{med}+273{,}16}U_2 * (e_s) - (e_a)}{\Delta + Y(1 + 0{,}34\,U_2)}$$

Em que: R_n é o saldo de radiação (MJ.m^{-2}.dia^{-1}), G é a densidade do fluxo de calor no solo, sendo nesse caso considerou-sesempre sendo como G, U_2 é a velocidade do vento, média diária (m/s), T_{med} é a temperatura média do ar (°C), e_s é a pressão de saturação do vapor (kPa), e_a é a pressão atual do vapor (kPa) e y é o fator psicrométrico (MJ kg^{-1}).

Hargreaveas

Equação 2. $$ETo = 0{,}408 \times 0{,}0023\,(T_{med} + 17{,}8\,)(T_{max} - T_{min}\,)^{0{,}5} * R_a$$

Em que: T_{med} é a temperatura média do ar, T_{max} é a temperatura máxima do ar, T_{min} é a temperatura mínima do ar e R_a é a radiação solar extraterrestre demonstrada anteriormente na equação.

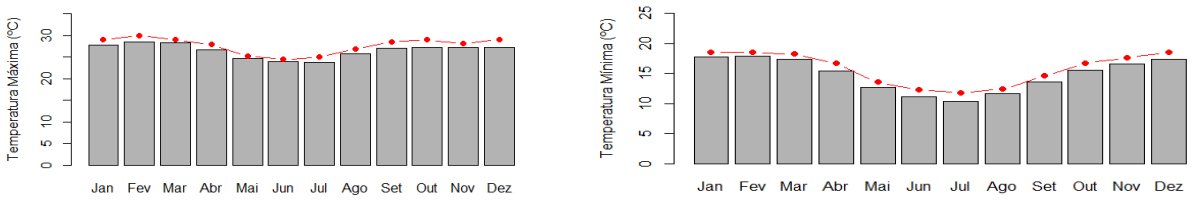
Makkink

Equação 3. $$ETo = (0{,}61 \times R_s \times W\,) - 0{,}12$$

Em que R_s é a radiação solar global (MJ.m^{-2}.d^{-1}) e W é o fator de ponderação que representa a fração de R_s, que é utilizada na evapotranspiração para diferentes valores de temperatura e altitude.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

a) **b)**



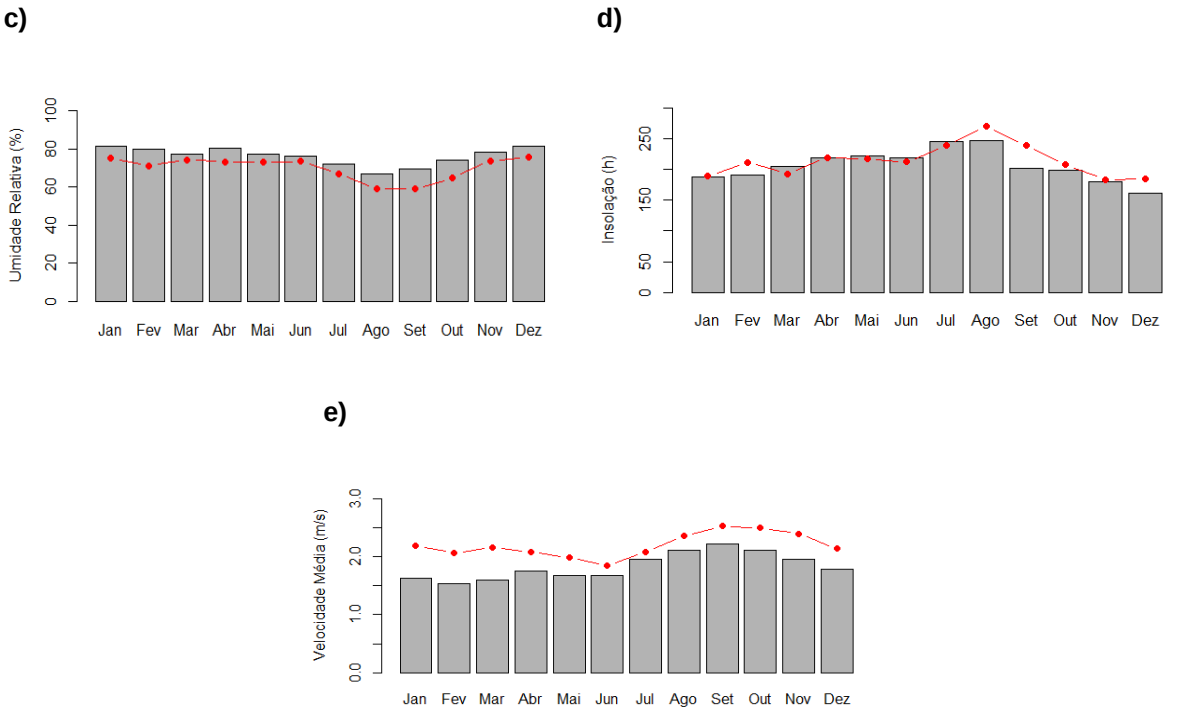


Figura 1. Distribuição das normais climatológicas (barras cinza) para o período de 1961-1990 para as variáveis meteorológicas: a) temperatura máxima, b) temperatura mínima, c) umidade relativa, d)insolação e e) intensidade de vento. A curva vermelha representa a média mensal para a década de 2007-2016.

A Figura 1 apresentam gráficosque mostram as médias mensais no período analisado das variáveis, ou seja, as Normais Climatológicas de 1961 a 1990, das seguintes variáveis; temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa, insolação e velocidade média do vento, dados fornecidos pelo INMET. E sobreposto às normais climatológicas (gráficos de barras), adicionou-se a variação temporal mensal dos últimos 10 anos, de 1997 a 2016 para todas as variáveis mencionadas na curva vermelha (ver Figura1).

A Figura1a mostra um pequeno aumento na temperatura máxima seguindo a tendência das normais climatológicase a Figura1b também mostra um aumento nas temperaturas mínimas, seguindo a tendência de menor temperatura no inverno e mostrando maior aumento a partir de junho. A respeito da variação climatológica da umidade relativa (Figura1c) nota-se uma pequena diminuição na umidade relativa nos últimos 10 anos, a qual pode estar relacionada ao aumento da temperatura. Em relação a insolação (Figura 1d), observa-se uma maior incidência de radiação solar no período de inverno, não obstante, a variação dos últimos 10 anos mostrou-se mais acentuada do que a normal climatológica.

A fim de verificar a tendência da evapotranspiração, construiu-se a Figura 2, que apresenta a evapotranspiração média mensal pelo método Penman-Monteith. Devido à ausênciade dados anteriores a 1965 no banco de dados do INMET, utilizou-se o intervalo de 1965 a 1994, para os cálculos da normal climatológica. E, de maneira análoga a Figura 1, comparou-se os dados da normal com a variação para o intervalo de tempo de 2007 a 2016. Os resultados obtidos de evapotranspiração de referência mostram tendências de maiores valores na primavera e verão, e menores no outono e inverno, no qual está relacionada diretamente, entre outros fatores, à disponibilidade de energia e a maior temperatura. A variação relacionada à década de 2007 a 2016 seguiu o comportamento da normal climatológica, apresentando valores ligeiramente maiores ao da climatologia no período de janeiro a fevereiro, e de setembro a dezembro (estação chuvosa).

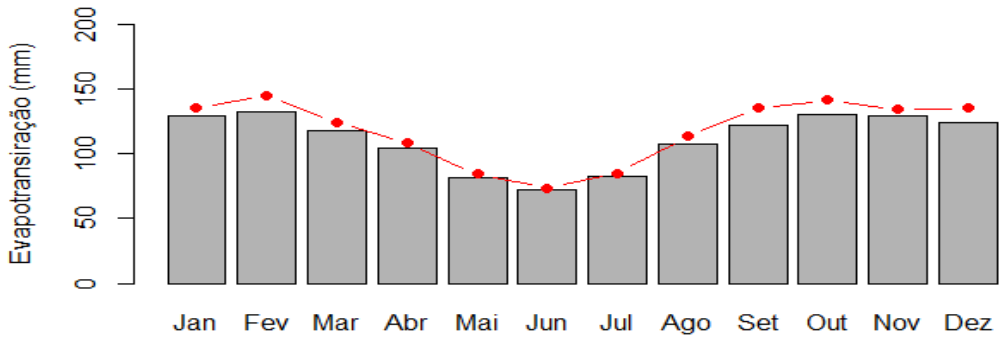


Figura 2. Valores de evapotranspiração médios mensais calculados pelo método de FAO-Penman-Monteith para o período de 1965 – 1994 (barras cinzas) e 2007 – 2016 (curva vermelha)

A fim de verificar quais variáveis meteorológicas apresentaram associação com os valores de evapotranspiração, construiu-se a Figura 3. Para tanto, calculou-se a correlação de Pearson para cada variável de input do modelo de estimativa de evapotranspiração, REF-ET. Observam-se associações distintas entre as variáveis meteorológicas: Tmin (temperatura mínima), DewP (ponto de orvalho), Tmax (temperatura máxima), Wind (intensidade do vento) e n/N (Porcentagem de radiação solar direta). Associações significativas (> 70) e positivas foram encontradas entre os métodos de estimativa de evapotranspiração, especialmente para os métodos da FAO e Makkink. Tais observações são consistentes com o trabalho de Andrade et al., 2013, apresentando maior correlação entre a temperatura máxima com os métodos, seguida da insolação. Além disso, correlação negativa entre a insolação, temperatura mínima e ponto de orvalho. (ANDRADE *et al.*, 2013)

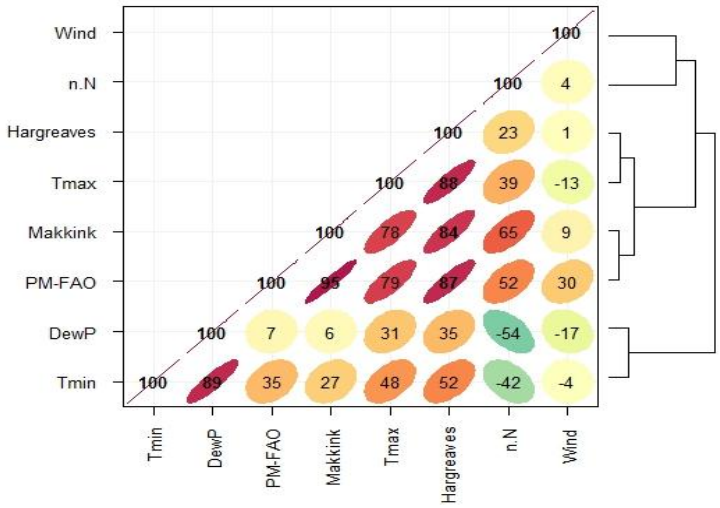


Figura 3. Correlação entre as variáveis meteorológicas e métodos de cálculo de Evapotranspiração

Na Figura 3 observa-se no eixo vertical a análise de agrupamentos para as variáveis meteorológicas. Observa-se que os 3 métodos e a temperatura máxima integram um agrupamento, sendo que os métodos da FAO e Makkink mostram-se mais correlacionados.

4. CONCLUSÃO

Ocorreu uma associação significativa e positiva entre a Temperatura Máxima com todos os métodos de cálculo da Evapotranspiração, indicando uma associação direta entre Evapotranspiraçãoe maiores valores de temperatura. Eassociação negativa entre a Insolação com a temperatura mínima e ponto de orvalho, indicando que processos inversamente proporcionais.

Observaram-se valores mínimos de Evapotranspiração no outono e inverno e valores máximos na Primavera e Verão.

O vento foi a variável que mostrou maior padrão anômalo entre os processos intervenientes na Evapotranspiração comparados com as normais climatológicas.

Diante disso conclui-se que a Evapotranspiração apresenta ampla variação durante o ano, responsável principal pela disponibilidade e intensidade da energia solar, mostrando serem as variáveis mais importantes no cálculo da Evapotranspiração.

Observou-se pela análise de agrupamentos umaassociação entre os métodos PM-FAO, Makkink, e contra partida o método de Hargreaveas apresenta um quadro distinto dos dois métodos.

Como perspectiva futura pretende-se aplicar o teste de tendência Mann-Kendall para avaliar a consistência do comportamento das variáveis meteorológicas nos últimos 10 anos.

5. AGRADECIMENTOS

Aos autores agradecem o apoio da Universidade Federal de Lavras, e o também ao Dr. Richard G. Allen pela utilização do REF-ET.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, R. G., L. Pereira, D. Raes, and M. Smith. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, volume 56 of FAO Irrigation and Drainage Paper. UN-FAO, Rome, Italy, 1998.

ANDRADE, Ricardo Guimarães *et al.***Análise da evapotranspiração real diária em diferentes classes de uso e cobertura da terra na região do Pantanal**. p. 1–5, 2013.

Carslaw, D. C. and K. Ropkins, (2012) openair --- an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61.

CARVALHO, Luiz Gonsaga De *et al.* Evapotranspiração De Referência: Uma Abordagem Atual De Diferentes Métodos De Estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.3, p. 456–465,2011. Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/12760>.

R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

SENTELHAS, Paulo Cesar; ANGELOCCI, Luiz Roberto. Evapotranspiração – Definições e Conceitos. *LCE 360* - **Meteoroligia Agrícola**, 2009. Disponível em: <http://www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce306/Aula8.pdf>.

TUNDISI, José Galizia. Ciclo hidrológico e Gerenciamento Integrado. **Gestão das Água**, v. 55, n. 4, p. 31–33, 2003.

ZHAO, Lingling *et al.*Evapotranspiration estimation methods in hydrological models. **Journalof Geographical Sciences**, v. 23, n. 2, p. 359–369, 2013.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

O autoréo único responsável pelo que está contido neste trabalho.

ANÁLISE PRELIMINAR DA DEPOSIÇÃO ATMOSFÉRICA NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

[1]Pereira, Jaqueline (jaaque.np@gmail.com), **[1]Viola, Marcelo** (marcelo.viola@deg.ufla.br), **[1]Oliveira, Fernando** (coutinho@deg.ufla.br), **[1]Vieira-Filho, Marcelo** (marcelo.filho@deg.ufla.br)

[1]UniversidadeFederal de Lavras- Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário,Lavras, Minas Gerais,Cep37200-000

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo operacionalizar uma rede de monitoramento da deposição atmosférica no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Inicialmente, a rede de monitoramento consiste de um coletor de deposição total (bulk deposition), exposto ao ar livre para coleta de águas de chuva (deposição úmida) e material particulado (deposição seca) em períodos definidos. Após a coleta, as amostras provenientes foram analisadas no Laboratório de Análise de Poluentes Atmosféricos no Núcleo de Engenharia Ambiental da UFLA, através de métodos físico-químicos, como análises de pH, condutividade elétrica (CE) e mensuração do volume. O monitoramento da deposição foi iniciado no dia 10/10/2017, com previsão de término do primeiro ciclo de amostragem no dia 30/09/2018.Trata-se de um trabalho de monitoramento em fase inicial, com dados coletados num período de 11 dias.O valor de pH para deposição seca foi de 7,6, indicando que há contribuição de espécies alcalinas. Para deposição total (seca e úmida), o pH atingiu um valor médio de 5,9, o que condiz com a capacidade da precipitação em remover poluentes da atmosfera. Dessa forma, com este trabalho pretende-se avaliar periodicamente a qualidade do ar na região Sul de Minas Gerais.

Palavras Chave: Deposição Atmosférica; Composição Iônica; Bulk Deposition; Monitoramento.

PRELIMINARY ANALYSIS OF ATMOSPHERIC DEPOSITION IN THE SOUTHERN REGION OF MINAS GERAIS

ABSTRACT: This study aims to operationalize an atmospheric deposition network on the campus of the Federal University of Lavras (UFLA). Firstly, the monitoring network consists of a bulk deposition collector, exposed to open air for collection of rainwater (wet deposition) and particulate matter (dry deposition) in defined periods. After the collection, the samples were analyzed in the Laboratory of Analysis of Atmospheric Pollutants in the Nucleus of Environmental Engineering of UFLA, through physical-chemical methods, such as pH, electrical conductivity (EC) and volume measurement. Deposition monitoring started on 10/10/2017, with the expected completion of the firstsamplingcycleon 09/30/2018. This is an early stage monitoring work, with data collected in a period of 11 days. The pHvalue for drydepositionwas 7,6, indicatingthatthere is a contribution of alkalinespecies. For total deposition (dryandhumid), the pHreached an averagevalue of 5,9, which corresponds to the precipitationcapacity to remove pollutantsfrom the atmosphere. Therefore it is intended to periodicallyevaluate air quality in the southern region of Minas Gerais.

Keywords: Atmospheric Deposition; Ionic Composition; Bulk Deposition; Monitoring.

1. INTRODUÇÃO

Segundo estudos da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), a qualidade do ar é o resultado da interação dos poluentes presentes na atmosfera com as condições meteorológicas. Constituem-se como agente de poluição do ar substâncias na forma particulada, gasosa ou aerossóis, lançadas com quantidade, concentração ou características que possam tornar o ar impróprio e nocivo à saúde pública e ao meio ambiente. Nesse sentido, em relação ao meio ambiente, estudos revelam que esses poluentes atmosféricos são capazes de causar danos à vegetação e a materiais e contaminar o solo (CETESB, 2008). Também cabe mencionar que podem provocar efeitos diretos a florestas, diminuindo a biodiversidade e, consequentemente, alterando os processos ecológicos (BYTNEROWICZ et al., 2005).

Uma vez lançados na atmosfera, os poluentes podem ser transportados para locais distantes devido a fatores meteorológicos, sofrer reações químicas e ser removidos através da deposição atmosférica (NIPPER et al., 2006). Esta pode ocorrer de duas maneiras, através da deposição seca e da deposição úmida.

A deposição atmosférica seca se caracteriza como uma sequência de três processos, os quais envolvem o transporte turbulento de gases e material particulado da atmosfera até a fina camada de ar estático imediatamente superior à superfície, o transporte por difusão desta fina camada até à superfície e a captação pela superfície por adsorção, absorção, impactação ou interceptação (SEINFELD; PANDIS, 1998).

Em relação à deposição úmida, trata-se do processo por quais os poluentes secundários são incorporados nas gotas de nuvem e são depositados de volta à superfície terrestre sob a forma de chuva, neve ou granizo (Chantara; Chunsuk, 2008). Nesse sentido, durante um evento de precipitação, ocorre o arraste dessas espécies até a superfície. Essas, por sua vez, podem causar efeitos negativos sobre ecossistemas naturais, uma vez que compostos contendo nitrogênio, tais como NO3- e NH4+ podem causar processos de eutrofização em corpos d'água, que são capazes de comprometer sistemas de abastecimento de água (Fornaro, 2006; Fornaro and Gutz, 2003).

Além disso, é importante destacar que as condições meteorológicas possibilitam estabelecer uma conexão entre a fonte de poluição e o receptor, possuindo como referência o transporte e a dispersão de poluentes (DERÍSIO, 2012). Portanto, o objetivo do presente trabalho é monitorar a composição química da deposição atmosférica (seca e úmida) por meio de análises laboratoriais de variáveis físicas e químicas e quantificar a acidez atmosférica.

2. METODOLOGIA

2.1 REGIÃO DE AMOSTRAGEM

O estudo será realizado na região sul de Minas Gerais, especificamente na cidade de Lavras. A cidade de Lavras (21° 14' 42" S 45° 00' 00" W) com altitude média de 919 m, precipitação anual de 1.530 mm e temperatura média anual de 19,4ºC, possui cerca de 105.000 habitantes (IBGE, 2014) e tem sua economia baseada na produção agropecuária, comércio, ensino público e privado e indústria. O setor industrial é composto principalmente pelos setores têxtil, agroindustrial e metalúrgico.

2.2 AMOSTRAGEM

As amostragens de água de chuva se iniciaram no dia 10 de outubro de 2017 e foram feitas em recipientes de Polietileno de alta densidade com capacidade de 20L previamente condicionados com água deionizada. O recipiente, protegido com tela de nylon para evitar deposição de material macroscópico, foi alocado no interior de uma estrutura de PVC com banho anti-UV. Este conjunto foi disposto sobre um suporte de madeira com elevação de

1,50m, o qual foi instalado nas redondezas do Laboratório de Poluição do Ar do Núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária do Departamento de Engenharia da UFLA.

As amostragens foram realizadas no período de sete dias, sendo que, após cada período de amostragem, uma alíquota foi transferida para o laboratório, onde foram determinadas suas propriedades físico-químicas (volume amostrado, condutividade elétrica e pH).O volume foi mensurado em provetas, o pH foi medido em pHmetro (AKSO AK 151), calibrado com soluções tamponadas de pH 4,00 e 7,00. As medidas de condutividade foram realizadas em condutivímetro (AKSO AK 151) calibrado com solução padrão de cloreto de potássio 1412 µS/cm.Na ausência de evento de precipitação, foi adicionado um volume de 50 mL de água deionizada para a análise do material solúvel referente à deposição seca atmosférica.

A outra fração da amostra foi filtrada através de uma membrana Millex com diâmetro de 0,22 □m a fim de eliminar micro-organismos presentes no analito. Em seguida, a amostra foi armazenada em frascos de polietileno, os quais permaneceram condicionados até o momento da utilização. Posteriormente os frascos contendo amostra se mantiveram congelados a -18ºC até a análise cromatográfica, realizada no Laboratório de Processos Atmosféricos (LAPAt) localizado na Universidade de São Paulo (USP).

2.3 DADOS METEOROLÓGICOS

Durante o período de amostragem foram utilizados dados meteorológicos horários referentes às estações de Lavras (#83867 do BDMET). Foram coletados dados como radiação solar, temperatura, velocidade e direção do vento, umidade, ponto de orvalho, precipitação e pressão atmosférica. Posteriormente os dados foram agregados em médias horárias e utilizados para as análises estatísticas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos das variáveis pH, CE e concentração de íons de H^+, para as amostras coletadas no período de 17 a 28 de outubro de 2017 podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Variáveis físico-químicas

Amostra	Volume(1)	Data	Hora	pH	CE(2)	[H+](3)
1	50	17/10/2017	16:30	7,6	26,2	0,025
2	350	24/10/2017	09:00	7,2	44,7	0,063
3	70	26/10/2017	16:00	6,32	37,8	0,479
4	800	28/10/2017	09:50	5,5	15,2	3,16
Média				5,9*	32,6	1,23

(1)Volume em mL
(2)CondutividadeElétricaemµS/cm
(3)Concentração de íons hidrogênio em µmol
*Concentração obtida a partir da concentração de íons livres de hidrogênio das amostras úmidas.

A amostra 1 corresponde a deposição seca e as demais são referentes a deposição total (úmida e seca). O valor de pH para deposição seca indica que há predominância de espécies com características alcalinas, o que sugere a presença de carbonato de cálcio e sais de amônio.

Para os períodos de amostragem posteriores, referentes às amostras 2, 3 e 4, em que há contribuição de deposição úmida, se observa uma redução nas medidas de pH e de condutividade. Esta relação pode ser explicada pela capacidade da precipitação em promover um processo eficiente de remoção de poluentes atmosféricos, tanto na fase de partículas como na fase gasosa (Fornaro, 2006). Este processo consiste em repetidas

exposições dos poluentes(material particulado e gases) às gotículas de nuvem ou às gotas de chuva, ambas atuando como coletoras dos primeiros (ENGELMANN, 1968).

A partir da Tabela 1 verifica-se uma tendência de amostras alcalinas, visto que o valor de referência para águas de chuva é de 5,6 devido a presença de dióxido de carbono, e posterior formação de ácido carbônico em solução (Lima et al., 2009). Os menores valores registrados de CE e pH refletem o processo de remoção realizado pela precipitação advinda de um sistema frontal. A frente fria atingiu a cidade de Lavras no dia 25/10, e provocou chuvas estratiformes distribuídas até o momento da coleta da amostra.

A Figura 1 apresenta a variação da condutividade elétrica e do pH para cada amostragem realizada.

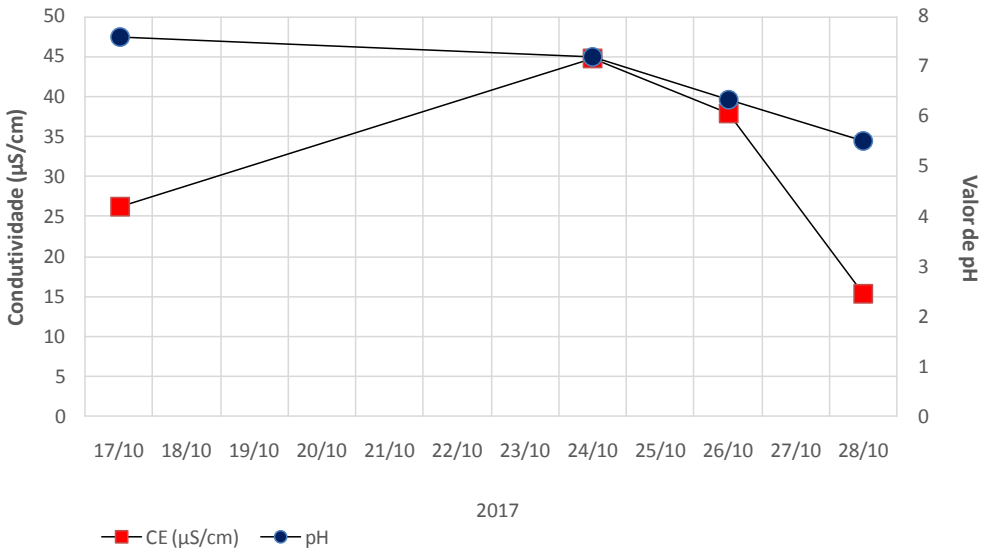


Figura 1 - Variação temporal das variáveis pH e condutividade elétrica para amostras de deposição atmosférica total no período de outubro de 2017.

O padrão teórico referente à relação entre a condutividade e o pH menciona que se houver aumento na CE e redução do pH há a possibilidade de haver significativa contribuição de íons H^+. Analisando a Figura 1, pode-se observar que este padrão é verificado somente até a segunda amostra. Para as demais ocorre redução do pH mas o mesmo não é constatado para a CE. Logo, pode-se inferir que o íon H^+ não é uma espécie preponderante para a diminuição do pH, ou seja, as amostras apresentam uma mistura mais complexa de poluentes que devem ser avaliados posteriormente de forma mais precisa, através de análises de cromatografia iônica. Tal verificação indica a presença de ácidos fracos em solução que contribuem de maneira significativa para o padrão de acidez verificado nas amostras ambientais.

Com o objetivo de comparar a acidez atmosférica a partir de análises de deposição úmida,construiu-se a Tabela 2, a qual apresenta medidas de pH para diferentes regiões do Brasil. Vale ressaltar que para este estudo a concentração de H^+ corresponde à média aritmética das amostras de deposição total e, para as demais regiões, corresponde à MPV (média ponderada pelo volume) de amostras de deposição úmida.

Tabela 2. Concentrações do íon hidrogênio livre em amostras de deposição atmosférica para diferentes regiões do Brasil

Amostra	Período	n[4]	[H+][3]	pH[5]	Referência
USP	06/2009 - 08/2010	59	4	5,398	Vieira-Filho et al.,2015
Cubatão	06/2009 - 08/2010	99	13,9	4,856	Vieira-Filho et al.,2015
Niteroi	09/1988 – 08/1989	45	17	4,769	de Mello et al., 2001
Piracicaba	08/1997 – 07/1998	64	34	4,468	Lara et al., 2001
Londrina	01 – 11/2002	*	1,69	5,772	Solci et al., 2006
Centro SP	07/2002 - 10/2008	434	3,8	5,420	Vieira-Filho et al.,2013
UFLA	out/17	3	1,235	5,908	Presenteestudo

[3]Concentração de íons hidrogênio em µmol
[4]Número de amostras úmidas
[5]Concentração obtida a partir da concentração de íons livres de hidrogênio das amostras úmidas
*Dados não publicados

De maneira geral observou-se uma concentração de H^+ menor pra amostras coletadas na UFLA, encontrando um valor médio de 5,9 para o pH,o que permite inferir que ocorre processos atmosféricos distintos na região. Diante disso, pretende-se vincular esta hipótese com a análise da composição majoritária iônica da deposição total em estudos posteriores.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados iniciais, pode-se inferir que há uma contribuição de espécies alcalinas na deposição atmosférica, devido ao valor de pH referente as amostras de deposição seca ter sido de 7,6. Além disso, também se pode perceber uma pequena redução do pH nas amostras úmidas, atingindo um valor médio de 5,9, fato este que condiz com a capacidade da precipitação em remover poluentes da atmosfera. No entanto,apenas medidas de pH e CE não são suficientes para se determinar e quantificar a poluição atmosférica, visto que, a partir da análise da relação entre esses parâmetros chegou-se a conclusão que o íon H^+ não é uma espécie preponderante para a diminuição do pH, ou seja, as amostras apresentam uma solução complexa de poluentes.

Dessa forma, torna-se necessário a realização de estudos mais aprofundados sobre a composição química das amostras coletadas. Como perspectiva futura, pretende-se analisar a composição majoritária iônica das amostras através de análises cromatográficas, a fim de identificar possíveis fontes e processos que originam a deposição atmosférica na região sul de Minas Gerais.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve o apoio da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e da Universidade de São Paulo (USP).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bytnerowicz, A., Badea, O., Popescu, F., Musselman, R., Tanase, M., Barbu, I., Fraczek, W., Gembasu, N., Surdu, A., Danescu, F., Postelnico, D., Cenusa, R., Vasile, C. 2005. **Air pollution, precipitation chemistry and Forest health in the Retezak Mountains, Southern Carpathians, Romania**. Environ. Pol. n. 137, p. 546-567.

CETESB. 2008. **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2007**. São Paulo,

Ed. CETESB, 299 p.

Chantara, S., Chunsuk, N.: **Comparison of wet-only and bulk deposition at Chiang Mai (Thailand) based on rainwater chemical composition**. Atmos. Environ. 42, 5511–5518 (2008).

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo: Signus, 2012. Cap.3, p 120-126, 4. ed atual.

ENGELMANN, R. J. **The calculation of precipitation scavenging**. In Meteorology and Atomic Energy, 1968, pág 208-218.

FEAM. Portal meio ambiente - **Fundação Estadual do Meio Ambiente**. Disponível em: <http://www.feam.br/>. Acesso em: 25 de maio de 2017

Fornaro, A., 2006. **Águas de chuva: conceitos e breve histórico. Há chuva ácida no Brasil?**Rev. USP 78–87.

Fornaro, A., Gutz, I.G.R., 2003. **Wet deposition and related atmospheric chemistry in the São Paulo metropolis, Brazil**: Part 2—contribution of formic and acetic acids. Atmos. Environ. 37, 117–128. doi:10.1016/S1352-2310(02)00885-3

Lima, R. G., Cavalcante, P. R. S., Melo, O. T., Mello, W. Z., **Concentrações de amônio na água de chuva e estimativa de emissão de amônia de rebanhos domésticos de Pinheiro e Viana, Baixada Maranhense.**, Quím. Nova, Vol. 32, Nº9, 2009.

Nipper, M., Carr, R.S., Garrison, V.H., Smith, G. 2006. **Effects of globally transported African dust to Caribbean marine ecosystems**. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Undersea Research Program.

SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. Dry deposition. In:____. **Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change**. New York: John Wiley, 1998. Cap. 19, p. 958- 977.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

Área:

Segurança do Trabalho e Meio Ambiente

USO DE CHECKLIST PARA ADEQUAÇÃO DE PRENSA PNEUMÁTICA

[1]**Carvalho, Luís Paulo Pompeu de** (luizpaulopompeu@gmail.com), [2]**Rezende, Raphael Nogueira** (raphael.rezende@ifsuldeminas.edu.br), [3]**Paula, Luana Elís de Ramos e** (luana.paula@deg.ufla.br), [2]**Oliveira Júnior, Geraldo Gomes de** (geraldo.junior@muz.ifsuldeminas.edu.br), [4]**Teixeira, Renilson Luiz** (renilson@ifes.edu.br)

[1]Engenheiro de Segurança do Trabalho, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000; [2]IFSULDEMINAS, Muzambinho, Minas Gerais, Cep 37890-000; [3]Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000; [4]IFES, Colatina, Espírito Santo, Cep 29700-660

RESUMO: Máquinas e equipamentos em más condições, falta de investimento em prevenção, ausência de proteções e/ou dispositivos de segurança exigidos em lei e despreparo de trabalhadores para operação são geralmente um dos maiores causadores de acidentes do trabalho em prensas e similares. No setor ferroviário, em função dos altos índices e custos de acidente de trabalho e a preocupação com a saúde e segurança de funcionários, o rigor sobre a utilização de máquinas desprotegidas vem aumentando nos últimos anos, com diversas interdições de prensas em condições irregulares. Frente a isso, uma das formas de análise e auxílio na adequação de segurança de prensas e similares se dá por meio do uso de listas de verificação rápida conforme critérios previstos na legislação. Assim, o presente trabalho objetivou desenvolver e aplicar um checklist para adequação de uma prensa pneumática interditada conforme exigências da Norma Regulamentadora NR-12. Foram avaliados os critérios mínimos de segurança e após as adequações e procedimentos, a ferramenta de verificação mostrou-se eficaz, tornando a prensa apta a funcionar normalmente dentro dos princípios de segurança de máquinas e equipamentos.

Palavras Chave: segurança; máquinas; lista de verificação; NR-12.

USE OF CHECKLIST FOR ADEQUACY OF PNEUMATIC PRESS

ABSTRACT: Machines and equipment in bad operation conditions, lack of investment in prevention, lack of protections and/or safety devices required by legislation and unprepared workers for operation are generally one of the biggest cause of work accidents in presses and the similar. In the railway sector, due to the high rates and costs of work accidents and concern with the health and safety of employees, the rigor on the use of unprotected machines has been increasing in the last years, with several interdictions of presses in irregular conditions. Therefore, one of the ways of analyzing and assisting in the adequacy of safety of presses and the similar occurs through the use of checklists according to criteria established in the legislation. Thus, the present work aimed to develop and apply a checklist for the suitability of a pneumatic press that is interdicted according to the requirements of regulatory standard NR-12. The minimum safety criteria were evaluated and after the adjustments and procedures, the checklist proved to be effective, making the press able to function normally based on the safety principles of machines and equipment.

Keywords: safety; machines; checklist; NR-12.

1. INTRODUÇÃO

Máquinas e equipamentos em más condições, pouco ou nenhum investimento em prevenção, ausência de proteções e/ou dispositivos de segurança exigidos em normas de segurança, assim como o despreparo dos trabalhadores para operá-las são geralmente um dos mais significativos causadores de acidentes do trabalho em prensas e similares (TEIXEIRA, 2014).

De acordo com o Anuário Estatístico da Previdência Social, em 2015 mais de 628 mil casos de acidentes de trabalho foram registrados no país, sendo que deste total, em media, 15% se deu em decorrência de operações em máquinas, com esmagamentos e amputações, principalmente de dedos e braços (BRASIL, 2016; CAMPOS et al., 2015).

Acidentes de trabalho em prensas e similares não causam apenas danos e sofrimentos ao trabalhador, mas também geram prejuízos a familiares e custos elevados ao Estado e às empresas de forma direta e/ou indireta, estimados na ordem de R$ 70 bilhões ao ano (PASTORE, 2011).

No caso do setor ferroviário, em função dos altos índices, custos dos acidentes e da preocupação com a saúde e segurança de funcionários, nos últimos anos aumentou-se o rigor à utilização de máquinas e equipamentos quanto às exigências da Norma Regulamentadora nº 12 do Ministério do Trabalho (BRASIL, 2017).

Criada pela Portaria nº 3.214, de 8 de Junho de 1978 a referida Norma estabelece critérios, princípios fundamentais e medidas de proteção fixas, móveis e dispositivos relacionados à prevenção de acidentes do trabalho, desde a fase de projeto à utilização de diferentes tipos de máquinas e equipamentos, sendo juridicamente assegurada nos artigos 184 a 186 da Consolidação das Leis do Trabalho (CAMPOS et al., 2015; REIMBERG, 2010).

A norma prevê, por exemplo, sistemas de acionamento e parada, comandos bimanuais, proteção de partes fixas e móveis, dispositivos de parada de emergência, manuais atualizados, sensores, indicadores de funcionamento, sinalização, painel de comando, manutenções, inspeções, entre outros (BRASIL, 2017; CAMPOS et al., 2015).

Porém ainda é comum, muitas empresas do setor não estarem preparadas e adequadas à NR-12 e às exigências do Ministério do Trabalho.

Diversas interdições já ocorreram em máquinas inadequadas, como, por exemplo, em dispositivos pneumáticos de prensagem desprotegidos.

Teixeira e Silva (2013) reforçam que um acidente começa muito antes da concepção do processo de fabricação de uma prensa. O projeto escolhido, as máquinas disponibilizadas, procedimentos, demais operações e escolhas influenciam significativamente a probabilidade de acidentes, sendo que os dispositivos de segurança previstos na NR-12 não devem ser vistos apenas como requisitos mínimos.

Logo, torna-se cada vez mais necessário avaliar critérios de segurança em máquinas utilizadas no setor, a fim de garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e prevenir acidentes de trabalho.

Frente a isso, uma das formas de analisar e/ou revisar riscos de um processo é por meio do emprego de checklists ou listas de verificação rápida.

Segundo Tavares (2016), checklists compreendem uma técnica qualitativa, simplificada e de fácil entendimento para análise de riscos e situações potenciais de acidentes por meio de critérios lógicos, a fim de se tomar uma decisão e gerar soluções a problemas levantados.

A estruturação e sistemática de um checklist são capazes de torná-lo altamente eficaz na detecção e tratamento de riscos, compreendendo o primeiro mecanismo de controle de situações indesejadas (OLIVEIRA et al., 2010; TAVARES, 2016).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e aplicar um checklist para auxiliar à adequação de uma prensa pneumática interditada conforme as exigências da Norma Regulamentadora NR-12.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, utilizou-se como objeto de estudo uma prensa pneumática para compactação de filtros de óleo e sucatas provenientes de locomotivas de uma empresa do setor ferroviário localizada no Sul de Minas Gerais.

Por se tratar de maquinário antigo e de simplicidade construtiva, quando foi desenvolvida, sua única finalidade era de favorecer a conformação e compressão de peças e não foi empregado nenhum dispositivo de segurança, estando à mesma, em situação de interdição, por caracterizar condição de grave e iminente risco ao trabalhador.

Uma análise inicial de critérios mínimos de segurança para a prensa foi realizada conforme as orientações do Anexo VIII da NR-12 (BRASIL, 2017b).

Após a coleta destas informações, uma lista de verificação rápida (checklist) foi desenvolvida, adaptando-se a Metodologia de Ferreira et al. (2013) e de Tavares (2016).

Foram adotados os critérios lógicos de conformidade (adequado), não conformidade (inadequado), não aplicação e observações por item analisado, baseando-se nas exigências de segurança para prensas e similares.

A partir do levantamento e análise dos dados, foram feitos os procedimentos de adequação, de forma corrigir e neutralizar inconsistências e permitir o retorno do funcionamento da máquina.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 está apresentada a lista de verificação desenvolvida para auxiliar na adequação da prensa pneumática quanto aos requisitos da NR-12.

Tabela 1. Lista de verificação de conformidade à NR-12 de uma prensa pneumática utilizada no setor ferroviário.

Checklist

Setor/Área:_____ Máquina/Equipamento:_____
Data:___/___/____
Responsável e contato:

Item de verificação/adequação	Conforme	Não Conforme	Não aplicável	Observações
Cortina de luz		X		Ausente e/ou irregularidade constatada; informação à supervisão e chefia imediata
Enclausuramento por proteção fixa		X		
Dispositivo de parada de emergência		X		
Comando bimanual		X		
Válvula de segurança pneumática		X		
Rearme manual		X		
Alimentação de ar comprimido e purgador		X		
Registro, mangueiras e vazamentos		X		

Tabela 1. Continuação…

Unidade de energia pneumática		X		
Compartimento de prensagem		X		
Pedal de acionamento		X		
Instalações elétricas		X		
Manual de instruções		X		
Sinalização		X		

Pela análise da Tabela 1, observa-se que para todos os itens verificados foram detectadas não conformidades, o que demonstra descumprimento aos itens de segurança previstos na NR-12 e a necessidade de pronta intervenção. Becker et al. (2012) apontam que no caso de não cumprimento ou inobservância das determinações da NR-12, empresas estão expostas a ações por parte da fiscalização do Ministério do Trabalho, com notificações, autuações e paralisações de funcionamento, além de ações do Ministério Público do Trabalho e ações regressivas da Previdência Social em decorrência dos custos gerados por acidentes do trabalho.

Ferreira et al. (2013) salientam ainda que dispositivos de segurança em máquinas e equipamentos são requisitos fundamentais, devendo as empresas acatarem e corrigirem qualquer situação anormal de trabalho que ofereça riscos aos trabalhadores.

As Figuras 1a e 1b ilustram a prensa pneumática antes e após a adequação conforme verificações e apontamentos feitos no checklist.

Figura 1. Vista frontal da prensa pneumática antes (a) e após (b) a adequação à NR-12.

Após os procedimentos de correção (Figura 1), foi possível eliminar inconsistências da máquina e a prensa tornou-se apta a funcionar dentro dos princípios de operação e segurança de máquinas e equipamentos.

Ressalta-se, no entanto que a prevenção e a redução dos acidentes do trabalho em prensas não se dão apenas com a adequação e implantação das regras vigentes de segurança. De acordo com Becker et al. (2012), faz-se necessário no dia a dia, por empresas, empregados e profissionais da área técnica, treinamento e monitoramento contínuo das condições de segurança, visando orientar quanto à adequada aplicação da NR-12 e preservar a integridade física do trabalhador.

De forma geral, frente às diferentes não conformidades identificadas na máquina desprotegida, o checklist mostrou-se eficaz e aceitável, sendo uma importante ferramenta e metodologia para a detecção de riscos e subsídios às adequações.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados neste trabalho, pode-se concluir que a ferramenta checklist foi apropriada para aplicação na adequação da prensa pneumática; após os procedimentos de correção, a mesma tornou-se apta a funcionar dentro dos princípios de segurança de máquinas e equipamentos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Previdência Social e Ministério da Fazenda. **Anuário Estatístico da Previdência Social**: AEPS 2015. Brasília, Secretaria de Previdência, 2016. 916 p.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria nº 3.214 de 8 de junho de 1978 e atualizações. **Norma Regulamentadora nº 12 - NR 12**: segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Brasília, MTE, 2017. 95 p.

BECKER, A. C. et al. **Manual de segurança em dobradeiras, prensas e similares.** Porto Alegre, ABIMAQ, 2012. 182 p.

CAMPOS, A. et al. **Prevenção e controle de riscos em máquinas, equipamentos e instalações**. São Paulo: SENAC, 2015. 432 p.

FERREIRA, L. N. et al. Inspeção ambiental baseada na NR-12: desenvolvimento de ferramenta e aplicação na área industrial. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, UFSM, v. 12, p. 2703-2713, 2013.

OLIVEIRA, O. J. et al. Diretrizes para implantação de sistemas de segurança e saúde do trabalho em empresas produtoras de baterias. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 2, p. 407-419, 2010.

PASTORE, J. Preço alto: país gasta R$71 bilhões com acidente de trabalho. **Revista Consultor Jurídico**, 1 p., 2011.

REIMBERG, C. Máquina Segura. **Revista Proteção**, Ed. 12., n. 228, p. 36-44, 2010.

TAVARES, J. C. **Noções de prevenção e controle de perdas em segurança do trabalho**. 8. ed. São Paulo: SENAC, 2016. 176 p.

TEIXEIRA, E. S. M.; SILVA, E. D. L. Análise crítica e econômica da adequação de uma máquina empacotadora importada à Norma Regulamentadora NR12. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, III., 2013, Ponta Grossa, PR, Brasil. **Anais**…Ponta Grossa: PR, APREPRO, 2013. 10p. CD-ROM.

TEIXEIRA, J. B. C, Implantação de um sistema de segurança em uma prensa hidráulica conforme Norma Regulamentadora nº12. **Revista Uniplac**, p.1-66, 2014.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.

AVALIAÇÃO DO CONFORTO ACÚSTICO NO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

[1]**Corrêa, Flávia Vilela** (flavia-vilela-correa@hotmail.com.br); [1]**Carvalho, Pedro Andrade** (pandradecarvalho01@gmail.com); [1]**Alves, Luana Saraiva de Oliveira** (11luanasaraiva@gmail.com); [1]**Santos, Miriane Silva e** (miriissantos@gmail.com); [1]**Paula, Luana Elís de Ramos e** (luana.paula@deg.ufla.br); [1]**Andrade, Ednilton Tavares de** (ednilton@deg.ufla.br)

[1]**Universidade Federal de Lavras-** Departamento de Engenharia
Caixa Postal 3037, Campus Univeristário, Lavras, Minas Gerais, Cep 37200-000

RESUMO: Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o ruído pode ser prejudicial à saúde humana. A poluição sonora em muitos ambientes de trabalho encontram-se acima dos valores recomendados pela legislação brasileira, de acordo com as normas NBR 10151 e NBR 10152 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Dessa forma, este trabalho objetivou quantificar e avaliar os níveis de pressão sonora do Restaurante Universitário da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e compara-los com os valores aceitáveis pela legislação vigente. Para tanto, mediu-se com um decibelímetroos ruídos presentes no horário do almoço e da janta do restaurante, em cinco pontos distintos com medições intervaladas de 30 minutos. Ao confrontar os resultados obtidos com a legislação brasileira, constatou-se que os níveis de ruído presentes no Restaurante Universitário excedem os valores considerados não prejudiciais à saúde humana. Sabendo da seriedade do assunto, é necessário que os funcionários do local utilizem adequadamente os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) durante o expediente de trabalho para evitar possíveis danos auditivos.

Palavras Chave: Ruído; Poluição Sonora; Ambiente de Trabalho; NBR 10151; NBR 10152.

ASSESSMENT ON ACOUSTIC COMFORT AT THE RESTAURANTEUNIVERSITÁRIO AT UFLA

ABSTRACT: According to the World Health Organization (WHO), noise may be harmful to human health. Sound pollution in working environments are found to be above what is recommended by national legislation, according to NBR 10151 and NBR 10152 by ABNT (National Association of Technical Norms). Thus, this study aims at quantifying and evaluating sound pressure levels at the University's Restaurant at UFLA (Federal University of Lavras) and comparing the results to the acceptable levels, according to the current legislation. In order to do that, a sound level meter was used to measure sounds during lunch and dinner, in five different spots and measured with 30 minutes intervals. When confronting the results obtained to the values suggested by the legislation, it was possible to conclude that the sound level within the University's Restaurant exceeded level considered not to be harmful to human health. Considering this information, it is necessary that employees at this location use proper Personal Protective Equipment (PPE's) during working hours in order to avoid possible hearing damage.

Keywords: Sound; Sound Pollution; Work Environment; NBR 10151; NBR 10152.

1. INTRODUÇÃO

O som é definido como qualquer vibração, conjunto de vibrações ou ondas mecânicas que podem ser ouvidas (SALIBA, 2000). Na segurança do trabalho, a caracterização do som permite quantificar o nível de ruído que existe no ambiente e dizer se este é prejudicial à saúde humana ou não.

O conceito de ruído é associado a um som desagradável e indesejado. A Organização mundial da Saúde (OMS) trata o assunto como um problema de saúde pública (OMS, 1980).

Para caracterizar um ruído, é preciso conhecer seu espectro de frequência (espectro contínuo, espectro com poucos sons audíveis, com predomínio de poucas, altas e baixas frequências) e a variação do nível com o tempo (contínuo, intermitente, ruído de impacto) (SANTOS; MATOS, 1999).

Marques e Costa (2006), Gonçalves et al. (2009) e Azevedo (1984) citado por LORO (2003) relatam que a exposição a elevados níveis de pressão sonora pode ser um risco à saúde humana, pois além de causar alterações no sistema auditivo, provocam perturbações no ambiente, na qualidade do sono, no descanso, nas situações dialógicas, na concentração, no trabalho mental e no humor.

Um dos ambientes mais propícios à exposição excessiva a ruídos é o ambiente de trabalho, sendo nestes casos obrigatório o uso Equipamentos de Proteção Individual (EPIs).

Atualmente, diversos estudos evidenciam a presença de altos níveis de ruído nas cozinhas de restaurantes, e, apesar de obrigatório o uso dos EPIs, muitos funcionários não os utilizam corretamente durante a atividade laboral. Logo, existe a necessidade de se estudar os problemas sonoros das edificações objetivando as condições mínimas para uma boa qualidade acústica das mesmas.

As principais normas relacionadas a esse assunto são a NBR 10151 (ABNT, 2000) e NBR 10152 (ABNT, 1987) que regulamentam sobre a acústica e avaliação de ruídos em áreas habitadas e também apresenta a definição de conforto acústico para diferentes tipos de ambientes. Além dessas normas, a Norma Regulamentadora 15 (BRASIL, 1978) e A Norma de Higiene Ocupacional 01 - NHO-01 (BRASIL, 2001) destacam os limites de tolerância para ruído ocupacional e procedimentos de avaliação e medição à exposição ao ruído.

A medição do ruído ambiental possibilita um mapeamento das áreas de maior risco, permitindo uma avaliação do local em questão. Deve-se, ainda, observar alguns fatores, tais como: nível de exposição individual, tipo de ruído, tipo de exposição e características do local (FERNANDES, 1999). Vale ressaltar que o efeito do ruído no indivíduo não depende somente das suas características, mas também da atitude do indivíduo frente a ele (GERGES, 2000).

Nesta perspectiva, o objetivo deste trabalho foi quantificar e avaliar os níveis de pressão sonora encontrados em diversos pontos dentro do Restaurante Universitário da Universidade Federal de Lavras (UFLA), com a finalidade de confrontar os resultados com a legislação brasileira vigente e normas aplicáveis de conforto acústico nesse ambiente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Restaurante Universitário (RU) da Universidade Federal de Lavras (Figura 1) que funciona sem fins lucrativos, cujo objetivo é oferecer uma alimentação de qualidade a toda comunidade acadêmica com o intuito de contribuir para a permanência e desenvolvimento integral dos discentes na instituição.

A administração do Restaurante Universitário é de competência da Coordenadoria de Alimentação que está subordinada a Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis e Comunitários/PRAEC e está sob a responsabilidade de um Coordenador, de um nutricionista, de chefes de setores e de um administrador. O Restaurante Universitário

funciona de domingo a domingo, durante todo ano, servindo almoço e jantar em horários pré-estabelecidos.

A B

Figura 1. Restaurante Universitário UFLA.

As medições de ruído contínuo foram realizadas em agosto de 2017, durante cinco dias consecutivos, de segunda a sexta-feira, nos horários de almoço e jantar. Foram selecionados 5 pontos distintos com grande movimentação e aglomeração de pessoas dentro do Restaurante Universitário. Esses pontos foram denominados “P1”, “P2”, “P3”, “P4” e “P5”, conforme ilustrado na Figura 3. Os dados foram coletados em um intervalo de 30 minutos até que o restaurante estivesse vazio. O número de pessoas que frequentou o restaurante durante esses dias foi obtido, Tabela 1.

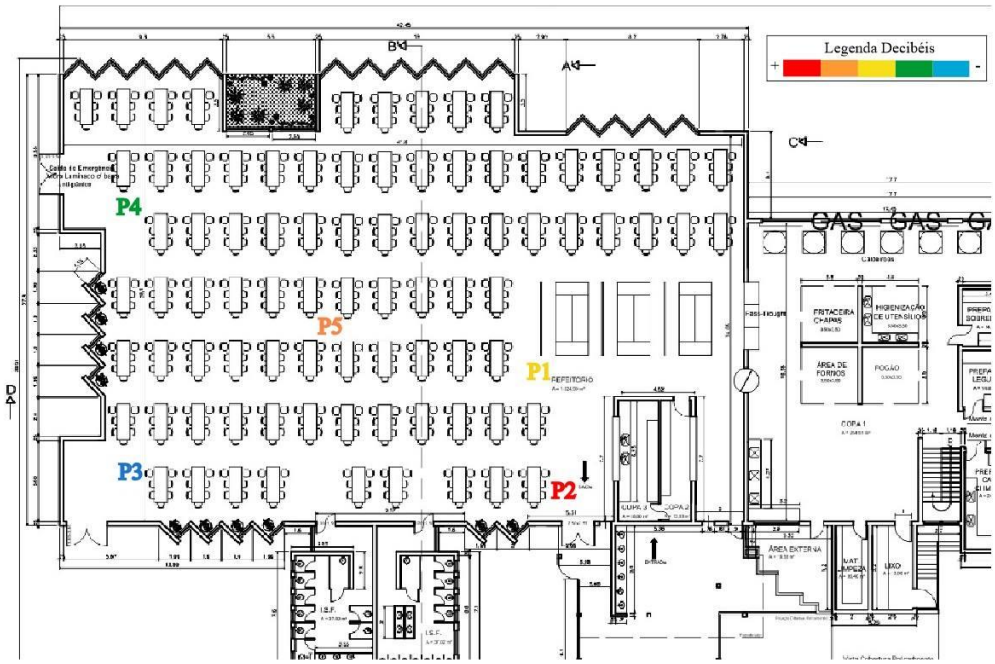


Figura 2. Planta do Restaurante Universitário da UFLA e identificação dos pontos de coleta de dados.

Tabela 1 - Número pessoas que frequentaram o RU no período de estudo.

Data	Número de Pessoas
31/07/2017	2932
01/08/2017	3232
02/08/2017	3259
03/08/2017	3207
04/08/2017	2630
Total	**15260**

Os procedimentos adotados na pesquisa seguiram as normas NBR10152 (BRASIL, 1987) referente à níveis de ruído para conforto acústico e a NBR 10151 (BRASIL,2000) que fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades. Além destas, a Norma de Higiene Ocupacional NHO 01 - Procedimento Técnico para Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído (BRASIL, 2001) também foi utilizada.

Na determinação do nível de pressão sonora (NPS) foi utilizado um decibelímetro. Este parâmetro foi utilizado para verificar e comparar o nível de conforto acústico do restaurante universitário, no ponto analisado, através de medições in situ.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para restaurantes, o nível de pressão sonora equivalente recomentado pela NBR 10152 (ABNT, 1987) é de 40 a 50 dB(A), sendo os valores inferiores de conforto e os superiores inaceitáveis para a função do ambiente. Na Figura 3 estão apresentados os dados obtidos a partir da mensuração do ruído no RU.

Com os dados apresentados acima foi possível avaliar separadamente cada ambiente do restaurante (P1, P2,P3, P4 e P5) em função dos dias da semana, a fim de verificar em qual dia da semana, é observado a situação mais crítica e a situação mais confortável do ponto de vista da acústica do local.

Através dos resultados obtidos e das recomendações da NBR-10152 (ABNT, 1987), infere-se que o restaurante não possui condições satisfatórias, isto é, os níveis de ruído no interior do ambiente do restaurante avaliados, estão acima do limite da norma e prejudicam o ambiente acústico da mesma, causando prejuízos aos frequentadores.

Também percebe-se que foi constado algumas variações nos dados coletados com relação aos valores coletados por ponto. Isto é explicado por alguns motivos, tais quais: Variação do número de pessoas no recinto e atividades rotineiras referentes ao processo de manutenção e limpeza do restaurante.

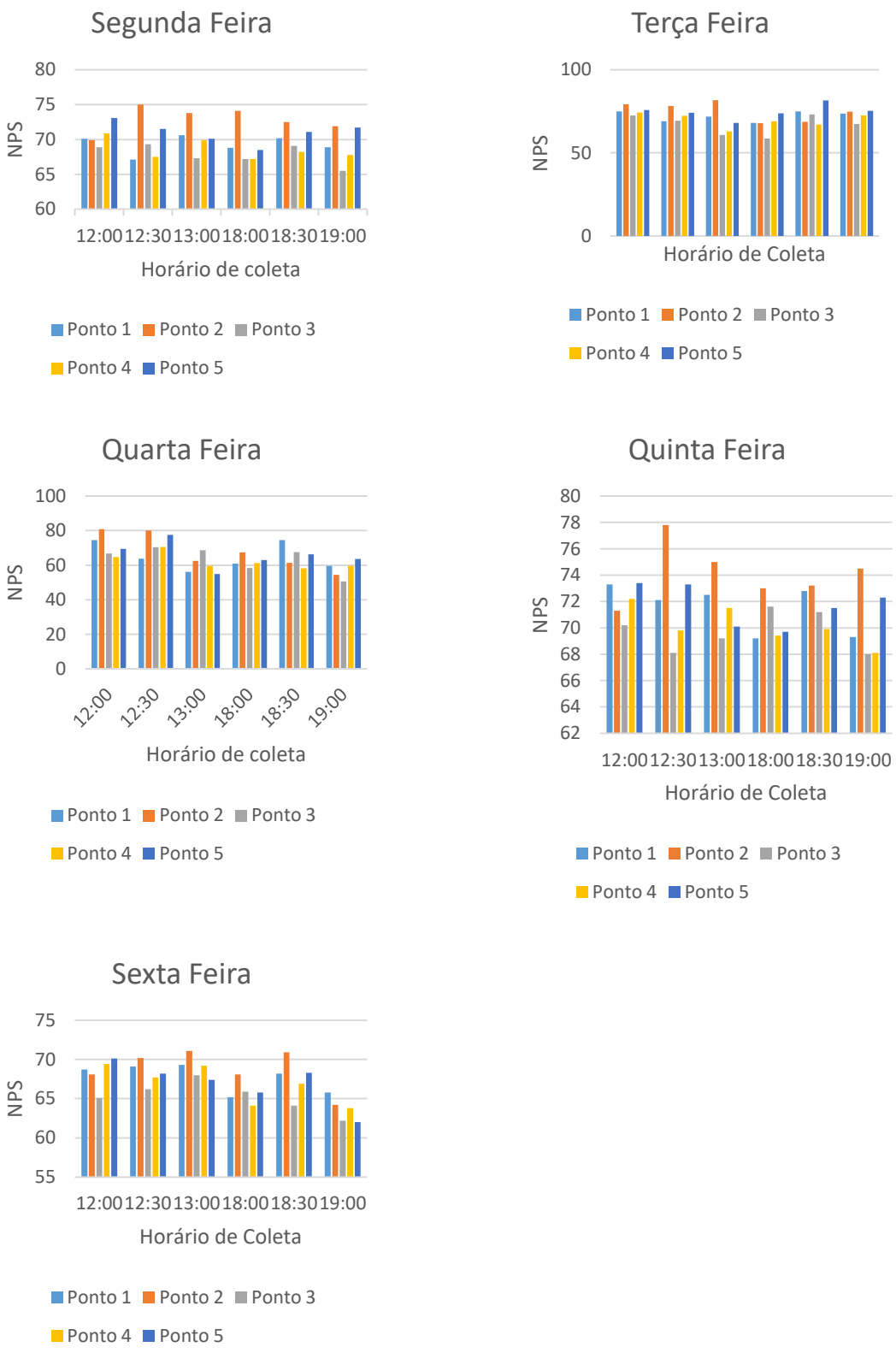


Figura 3 – Gráficos do nível de ruído no RU da UFLA

4. CONCLUSÃO

As medições realizadas evidenciaram que o nível de ruído do Restaurante Universitário da UFLA encontra-se acima do recomendado na maioria dos pontos de medição conforme norma da ABNT.

Faz-se mister que os funcionários e responsáveis pelo Restaurante utilizem esse estudo futuramente para mapear melhor as características do local, e ser uma ferramenta para tomada de decisão em relação à possíveis mudanças, a fim de obter o conforto acústico do espaço do restaurante, tornando o ambiente mais propício à atividade que lá é exercida.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABNT, NBR 10151. Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro. ABNT, 2000

ABNT, NBR 10152. Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro. ABNT, 1987

BRASIL.Norma de Higiene Ocupacional NHO-01. Avaliação da Exposição Ocupacional ao ruído. Ministério do Trabalho e Emprego. Fundacentro, 2001.

FERNANDES, João Candido. Acústica e Ruídos. 2002. Apostila Faculdade de Engenharia – Unesp – Bauru

GERGES, Samir NagiYousri. Ruído: fundamentos e controle. Florianópolis: NR Editora, 2000. 696p

SALIBA, Tuffi Messias. Manual prático de avaliação e controle do ruído – PPRA. São Paulo: LTr. 2000.112p.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.