



SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica
de Engenharia Agrícola e Ambiental

**Anais do II Simpósio e XIV Semana Acadêmica
de Engenharia Agrícola e Ambiental**

Energias Renováveis e Tecnologias Sociais

21 a 25 de Novembro
Universidade Federal de Viçosa

2017, Volume 1

Universidade Federal de Viçosa

Reitora

Nilda de Fátima Ferreira Soares

Vice-Reitor

João Carlos Cardoso Galvão

Diretor do Centro de Ciências Agrárias

Rubens Alves de Oliveira

Chefe do Departamento de Engenharia Agrícola

Francisco de Assis de Carvalho Pinto

Coordenador do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental

Roberto Precci Lopes

O conteúdo destes anais é de exclusiva responsabilidade dos seus autores.

Comissão Coordenadora

Prof.Dr. Roberto Precci Lopes – DEA/UFV - Coordenação Geral

Prof^o Dr. Natália Renato – DEA/UFV – Co-coordenação

Comissão Organizadora

João Victor Nogueira

Aline Malta

Gabriela Cruz

Edinei Araujo

Iago Bonissi

Patrick Agton

William Rubens

Talissa Ireno

Alex Soares

Samuel Oliveira

Luna Lilas

João Xavier

Guilherme Laud

Filliph Gomes

Débora Rosário

Antonella Araujo

Welisson Junior

Neuller Alves

Marcella de Freitas

Felipe Belz

Gustavo Berger

Apoio

Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental – DEA/UFV

Centro de Ciências Agrárias – CCA/UFV

Centro de Ciências Exatas – CCE/UFV

Pró Reitoria de Extensão e Cultura – UFV

Avaliadores de Painéis/Resumos

Amanda Braga

Anderson Candido da Silva

Bruno Batista da Silva

Cleonice Campos Teixeira

Daniel Althoff

Diego A. Gonzaga

Élvis da Silva Alves

Gefferson Pereira da Paixão
Gerson Ovidio Luz Pedruzi
Guilherme de Moura Araújo
Helizani Couto Bazame
Jéssica Pntes Rangel
José Darlan Nascimento Alves
Juliana Dadalto
Juliana Soares Zeymer
Lucas de Arruda Viana
Micael de Souza Fraga
Rodrigo Nogueira Martins
Samira Luns Hatum de Almeida
Santos Henrique Brant Dias
Tiago Mencaroni Guazzelli
Vinicius Mendes Rodrigues de Oliveira
Wilson de Almeida Orlando Junior
Vinicius Agnolette Capelini
Reginaldo Miranda de Oliveira
Francisco Cássio Gomes Alvino
Luan Peroni Venancio
Gustavo Henrique da Silva
Robson Argolo dos Santos

Agradecimentos

Os autores agradecem a colaboração das seguintes instituições:
Pró Reitoria de Extensão e Cultura da Universidade Federal de Viçosa
(UFV), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Centro de Ciências Exatas (CCE),
Departamento de Engenharia Agrícola (DEA)
Irriplus
Irrizom
Haskell
Churros no Barril
Temperarte Grill
Thesun Energy

SUMÁRIO:

CALIBRAÇÃO DE MÉTODOS PARA A ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM BARBACENA – MG	03
CRISE HÍDRICA DE VIÇOSA-MG SE AGRAVOU EM 2017?	06
COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA RIO BRANCO-AC	09
APLICATIVO PARA DIMENSIONAMENTO DE BATERIA PARA UM MOTOR ELÉTRICO	12
ANÁLISE DE TENDÊNCIA EM SÉRIES HISTÓRICAS DE PRECIPITAÇÃO NA BACIA HEDROGRÁFICA DO RIO PIRACICABA, MG	15
CALIBRAÇÃO DE EQUAÇÕES DE DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA COM O PADRÃO FAO 56 PARA A REGIÃO DE BARREIRAS-BA.....	19
CALIBRAÇÃO DE MÉTODOS ALTERNATIVOS DE ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE PARACATU-MG.....	22
COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA A ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DA CIDADE DE CUIABÁ-MT.....	25
COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA NOS ÚLTIMOS 55 ANOS EM VIÇOSA-MG	28
COBERTURA DO SOLO PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA.31	
EFETIVIDADE DE DISTINTAS COBERTURAS DO SOLO NO CONTROLE DAS PLANTAS DANINHAS	34
DISTRIBUIÇÃO E DEMANDA DE RECURSOS HÍDRICOS PARA PASTAGEM EM BARREIRAS-BA	37
ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA UTILIZANDO REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS EM BOM JESUS DA LAPA – BA	40
AVALIAÇÃO DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO MENSAL ESTIMADOS PELO SATÉLITE TRMM PARA RIO VERDE – GO	43
CALIBRAÇÃO DAS EQUAÇÕES DE PRIESTLEY-TAYLOR E HARGREAVES-SAMANI PARA O MUNICÍPIO DE RIO VERDE – GO	46
HOMOGENEIDADE DO ESPECTRO DE GOTAS FORMADO POR PONTAS LEQUE EM FUNÇÃO DA PRESSÃO DE OPERAÇÃO	49
AUMENTO DA PRODUÇÃO DE FRUTOS COM USO DE COBERTURA DO SOLO.....	52
POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESÍDUOS DE PODA URBANA	55
UTILIZAÇÃO DE GASES COMBUSTOS DA BIOMASSA PARA SECAGEM DA MADEIRA.....	58
ANÁLISE DO POTENCIAL DE CONVERSÃO DE ALGUNS RESÍDUOS AGRÍCOLAS	

EM ENERGIA	61
CARACTERIZAÇÃO DO ESPECTRO DE GOTAS DE UM PULVERIZADOR PNEUMÁTICO EM FUNÇÃO DA VAZÃO DE LÍQUIDO	64
APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA NO ABRANDAMENTO DE ÁGUA DESTINADA À IRRIGAÇÃO	67
SECAGEM DO CAFÉ TRITURADO E EM PÓ POR INFRAVERMELHO	70
PRODUÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NA REGIÃO DE VITÓRIA-ES	74
VARIABILIDADE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO EM FUNÇÃO DA COBERTURA VEGETAL	77
MÉTODO SIMPLIFICADO PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA PELOTAS-RS	80
TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE LATICÍNIOS COM COAGULANTE NATURAL VIA FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO	83
CURVA DE PRÉ-TORRA DE CAFÉ.....	86
DINÂMICA ESPACIAL DA RADIAÇÃO SOLAR PARA IMPLANTAÇÃO DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS.....	90
DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CULTURA DA ERVA-DOCE EM LISÍMETROS DE DRENAGEM.....	93
PARAMETRIZAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE PALMEIRA DOS ÍNDIOS/AL	96
MODELAGEM DE MÉTODOS SIMPLIFICADOS PARA OBTENÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM NATAL-RN.....	100
COMPARAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO OBTIDA POR DIFERENTES MODELOS DE ESTIMATIVA PARA VIÇOSA-MG	103
VARIABILIDADE ESPACIAL DA RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO EM SOLO ARGILOSO SOB PASTAGEM DEGRADADA	106
MÉTODOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA IRRIGAÇÃO EM CAXIAS DO SUL-RS	110
COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET_0) ENTRE VIÇOSA-MG E SOUSA-PB	113
COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA ENTRE VIÇOSA-MG E CATALÃO-GO	116
MODELAGEM DO PROCESSO DE HIDRATAÇÃO DE GRÃOS DE FEIJÃO REVESTIDOS COM CERA DE CARNAÚBA	119
PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DA SORÇÃO DE ÁGUA EM GRÃOS DE ARROZ EM CASCA	122
PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DA SORÇÃO DE ÁGUA EM GRÃOS DE FEIJÃO DANIFICADO	125
EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA NA CULTURA DA COUVE-FLOR.....	128
FRUTOS DE MACAÚBA CONSERVADOS POR MÉTODOS COMBINADOS DE	

SECAGEM E OZONIZAÇÃO	131
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO QUÍMICA DE AMÊNDOA DE MACAÚBA APÓS SECAGEM EM DIFERENTES TEMPERATURAS	134
CORRELAÇÃO ENTRE TURBIDEZ E SÓLIDOS SUSPENSOS NAS SUB-BACIAS DOS RIOS PIRANGA E PIRACICABA	137
IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO EM BIODIGESTORES.....	140
CARACTERIZAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DE NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO EM PASTAGENS NA MATA ATLÂNTICA DE MINAS GERAIS	142
DINÂMICA ANUAL DA DEGRADAÇÃO DAS PASTAGENS EM UMA BACIA NA ZONA DA MATA – MG	145
QUÍMICA E MINERALOGIA DOS SOLOS DE MANGUEZAL E TABULEIRO COSTUREIRO DO MUNICÍPIO DE GUARAPARI-ES	148
PERDAS VISÍVEIS NA COLHEITA MECANIZADA DE AMENDOIM EM TRÊS ÉPOCAS DE ARRAQUIO	151
INFLUÊNCIA DAS PERDAS INVISÍVEIS NO ARRANQUIO MECANIZADO DE AMENDOIM EM FUNÇÃO DA MATUREZA	154
COEFICIENTES DE AJUSTE DE EQUAÇÕES DE ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO	157
AJUSTE DE EQUAÇÕES EMPÍRICAS PARA ESTIMAR ET_0 NO MUNICÍPIO DE CANAVIEIRAS (BA)	160
NECESSIDADE HÍDRICA DA PASTAGEM EM BELO HORIZONTE-MG NO ANO DE 2016.....	163
UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE PONTAS DO TIPO LEQUE EM FUNÇÃO DA ALTURA E DO ESPAÇAMENTO	166
UTILIZAÇÃO EFETIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA COM MÉTODOS NÃO-CONVENCIONAIS PARA ITANHANGÁ-MT	169
USO DO ARMAZENAMENTO HERMÉTICO PARA CONTROLE DE INSETOS-PRAGA E CONSERVAÇÃO DE GRÃOS DE MILHO.....	172

Apresentação

Devido à escassez dos recursos naturais fósseis, é necessária a expansão da matriz energética, focando, principalmente, nas fontes renováveis. Assim, o Centro Acadêmico de Engenharia Agrícola e Ambiental (CAEAA-UFV) realizou, em 2017, o II SIMEAA – Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental, com a temática “Energias Renováveis e Tecnologias Sociais”. O evento objetivou o debate sobre as diversas fontes de energias renováveis e suas tecnologias através de um espaço dinâmico para discussões, visando à troca de conhecimento entre discentes, docentes e pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa e de diversas localidades do Brasil. O Simpósio contou com a apresentação de resumos científicos, mesa redonda, mini cursos, palestras e mostra de conteúdo. As atividades aconteceram entre os dias 21 e 25 de Novembro no Auditório do Departamento de Engenharia Florestal, no campus da Universidade Federal de Viçosa. O CAEAA-UFV tem tradição em realizar eventos acadêmicos voltados para o debate e discussão de temas atuais relacionados a Engenharia Agrícola e Ambiental, trazendo nomes conhecidos nas diversas áreas de pesquisa das Ciências Agrárias.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

CALIBRAÇÃO DE MÉTODOS PARA A ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM BARBACENA-MG

Filliph Gomes Palma¹, Gustavo Henrique da Silva², Francisco Cássio Gomes Alvino³, Gustavo Berger Schaeffer⁴, Igor Boninsenha⁵, Helizani Couto Bazame⁶, Daniel Althoff⁷, Vinicius Mendes Rodrigues de Oliveira⁸, Robson Argolo dos Santos⁹, Rafael Gomes Martins¹⁰, Fernando França da Cunha¹¹

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. e-mail: Filliph.palma@gmail.com; ²Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: dasilva.h.gustavo@gmail.com; ³Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: cassioalvino@hotmail.com; ⁴Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: gustavo.schaeffer@ufv.br; ⁵Discente de graduação Agronomia - UFV. E-mail: iboninsenha@gmail.com; ⁶Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: helizanicouto@gmail.com; ⁷Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: daniel_althoff@hotmail.com; ⁸Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: viniciusmro91@gmail.com; ⁹Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: argolo.agro@gmail.com; ¹⁰Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: rgomesmartins1@gmail.com; ¹¹Docente Departamento de Engenharia Agrícola-UFV. E-mail: dacunhaff@gmail.com;

RESUMO: Existem diversos métodos para estimar evapotranspiração de referência (ET_0), sendo o método padrão Penman-Monteith (PM-FAO 56) o mais preciso. Alguns métodos mais simples para a estimativa de ET_0 necessitam de menos variáveis que os outros facilitando a estimativa mas reduzindo sua precisão e exatidão. Uma alternativa para melhorar o desempenho destes métodos seria a calibração dos mesmos. Desta forma, objetivou-se avaliar os métodos de Priestley - Taylor e Hargreaves - Samani originais e calibrados para o município de Barbacena-MG. O estudo foi desenvolvido com base nos dados meteorológicos diários referentes aos anos de 1961 a 2016, obtido pelo o INMET. No processo de calibração, utilizaram-se os parâmetros "a" e "b" determinados pela regressão linear com os dados de ET_0 pelo método PM-FAO 56. A calibração melhorou a estimativa da ET_0 para os dois métodos. O método de Priestley-Taylor apresentou melhor resultado em relação ao de Hargreaves-Samani, quando aplicados para Barbacena-MG, pois apresentou valores mais próximos do método padrão.

Palavras-Chave: Hargreaves e Samani, Priestley e Taylor, ET_0 .

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de referência (ET_0) é um dos componentes de saída do balanço hídrico e seu conhecimento é fundamental para a manutenção de boas práticas no manejo de águas na agricultura. A ET_0 pode ser calculada pelo método Penman-Monteith FAO 56, método padrão que mostra a relação entre os elementos climáticos e o fluxo de evapotranspiração no sistema clima - planta.

Para estimativa da ET_0 pelo método de PM-FAO 56 são necessários dados de radiação solar, pressão atmosférica, velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar. Entretanto, muitas vezes as estações meteorológicas não possuem todos estes dados necessários, tanto por falhas sistemáticas quanto por falta de sensores. Sendo assim, diversos autores propõem equações alternativas ao padrão, como a equação de Priestley-Taylor (PT) ou a de Hargreaves-Samani (HS) que utilizam uma quantidade menor de dados meteorológicos.

A equação de HS utiliza somente dados de temperatura e radiação (topo da atmosfera) (RAVAZZANI et al., 2011) para estimativa da ET_0 . O método PT diferente do método padrão por não utilizar dados de velocidade do vento e pressão atmosférica (SHUTTLEWORTH; CALDER, 1979; SUMNER; JACOBS, 2005).

O objetivo do presente trabalho foi realizar a correlação do método de estimativa ET_0 por HS e PT comparando-os com o método padrão PM-FAO 56 e recomendar o melhor método para o município de Barbacena-MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e Base de dados

Para estimar a ET_0 , utilizou-se dados meteorológicos da cidade de Barbacena no estado de Minas Gerais - MG, (21° 13' 33" S e 43° 46' 25" W e 1.160 m) referentes as datas de 01/01/1961 a 31/12/2016. Os dados da estação meteorológica foram obtidos pelo Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP).

Tratamentos e amostragens

O cálculo da evapotranspiração foi realizado pelo



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

software clima® do IAPAR (FARIA et al., 2002). Trata-se de um software gratuito e livre distribuição. O software realiza todo o preenchimento de falhas cálculo de evapotranspiração de referência pelos distintos métodos.

A evapotranspiração estimada pelo método de PM-FAO 56 (ALLEN et al., 1998) foi utilizada como referência. Na comparação, utilizaram-se os métodos originais e calibrados de Hargreaves-Samani (HS) e Priestley-Taylor (PT). Para a calibração dos métodos, os dados de ET_0 obtidos por PM-FAO 56 corresponderam a variável dependente (eixo das ordenadas) e os obtidos por HS e PT a variável independente (eixo das abscissas). Por meio das equações geradas, os dados foram mais uma vez correlacionados com a equação de PM-FAO 56. Na **FIGURA 1** está apresentada a correlação linear entre os métodos.

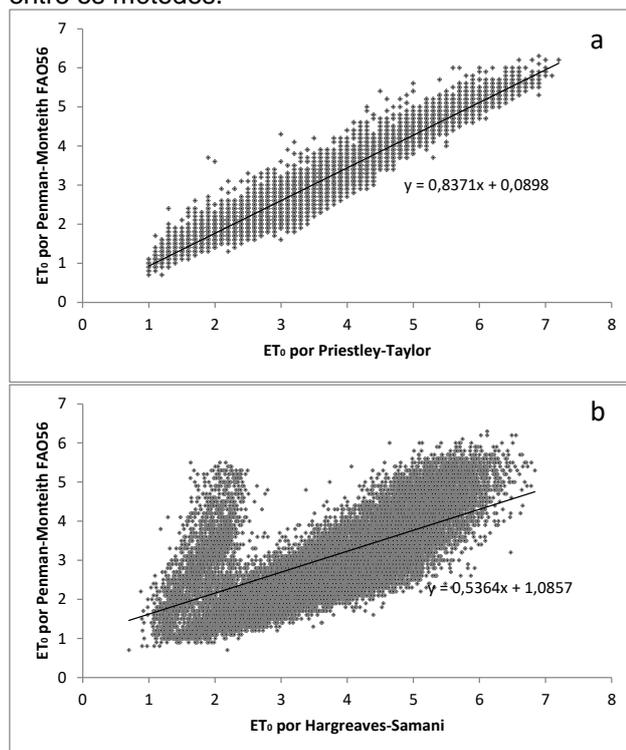


FIGURA 1- a - Regressão linear entre o método PM FAO 56 e Priestley-Taylor e os respectivos coeficientes de ajuste. b - Regressão linear entre o método PM FAO 56 e Hargreaves-Samani e os respectivos coeficientes de ajuste.

Após realizada a regressão utilizou-se os coeficientes da equação linear para corrigir os valores diários.

Análises estatísticas

As avaliações estatísticas foram realizadas com base em diferentes índices estatísticos que apresentam diferentes funções de avaliações. O coeficiente de determinação (R^2) indica o poder preditivo da reta de regressão associada entre duas variáveis. Entretanto, pode acarretar erros, pois algumas variáveis não apresentam comportamento linear.

O erro médio quadrático (RMSE) dado em mm.dia^{-1} fornece uma medida da magnitude média do erro por meio da diferença quadrática entre os dados estimados e observados. O erro médio absoluto (MAE) dado em mm.dia^{-1} fornece um valor médio dos erros absolutos, ambas variam de 0 a $+\infty$ e quantificam o erro com as mesmas unidades da variável original. O RMSE proporciona um peso relativamente alto aos grandes erros evidenciando a presença de outliers, útil quando grandes erros são particularmente indesejáveis (WILKS, 2011; WILLMOTT; MATSUURA, 2005).

O erro viés médio (BEM) dado em mm.dia^{-1} é indicado para visualizar as tendências de subestimativas ou superestimativas, a eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE) é usado para avaliar o poder preditivo do modelo, variar entre $-\infty$ e 1, e 1 corresponde o ajuste perfeito entre os dados estimados pelo modelo com os dados medidos (MORIASI et al., 2007; WILLMOTT, 1982).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que o RMSE (**FIGURA 2**) antes da calibração apresentou um valor de 1,113 para HS e 0,564 para PT após a correção esses valores foram respectivamente 0,796 e 0,251, mostrando aumento na exatidão para ambos os métodos para a cidade de Barbacena-MG após a correção.

O método PT obteve valores de RMSE menores que os obtidos pelo HS o método PT possui um menor erro total em relação a HS, o que indica uma maior precisão ao utilizar esse método.

Para o índice r^2 (**FIGURA 2**) obtiveram-se valores de 0,44 e 0,942 antes e após a correção para HG e PT respectivamente, mostrando a maior correlação entre o método PT e o método padrão, entretanto por usar um maior número de variáveis, isso já era esperado. Nota-se também valores de MAE (**FIGURA 2**) iguais a 0,958 para HS e 0,479 para PT, como MAE representa o valor médio dos erros absolutos, verifica-se que o método HS tem um erro consideravelmente maior em relação ao obtido com PT, após a correção ambos os valores diminuíram para 0,636 e 0,196 respectivamente. O que indica uma redução no erro após a correção para ambos os métodos. Os valores de NSE (**FIGURA 2**) antes da correção foram de -0,131 e



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

CONCLUSÕES

0,709 para HS e PT respectivamente. Os valores indicam que o método PT possui bom poder preditivo diferente do método HS que não possui nenhum poder preditivo. Após a correção os valores obtidos foram 0,421 e 0,942 respectivamente, isso indica uma melhora significativa no poder de predição para ambos os métodos após a realização da correção. Os valores de MBE (FIGURA 2) antes da correção foram de 0,515 e 0,465 para HS e PT respectivamente. Estes resultados indicam que anteriormente a calibração, os métodos HS e PT superestimam os resultados. Após a correção os valores obtidos de MBE foram de -0,11066427 para HG e 0,000158406 para PT respectivamente, isso indica que após a correção o método HS passa subestimar pouco os valores e o método PT quase não superestima os resultados.

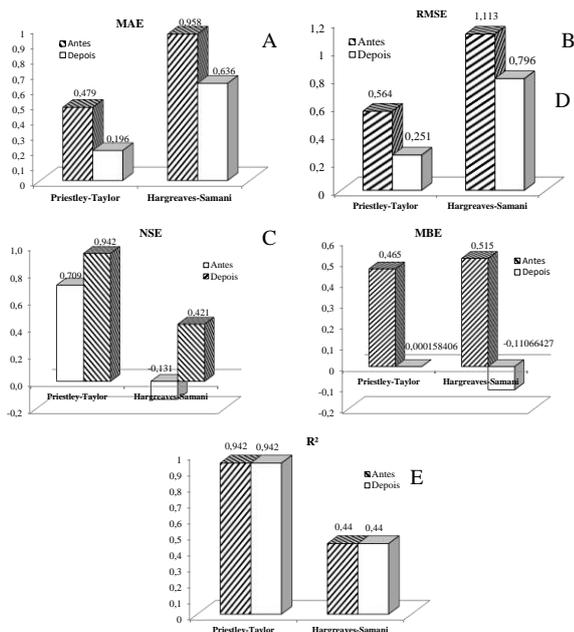


Figura 2-Índices estatísticos A-MAE. B-RMSE. C-NSE. D-MBE. E-R²

De acordo com os índices estatísticos realizada o método de Priestley-Taylor apresentou maior performance já que se aproxima mais do método padrão que o método Hargreaves-Samani. Visto que os valores observados na FIGURA 2 apresentaram melhores correlações quando utilizado o método de Priestley-Taylor comparando com Hargreaves-Samani, tendo como padrão o método PM FAO 56.

Após a realização da calibração ambos os métodos obtiveram melhores resultados, quando comparados com o método PM FAO 56.

Conclui-se que o método Priestley-Taylor apresentou melhores resultados quando utilizado na região de Barbacena-MG, sendo mais recomendado em comparação ao método Hargreaves-samani

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Estudos e Soluções para Agricultura Irrigada (GESAI) que contribuiu para a realização deste trabalho, ao CNPq e a CAPES pelas bolsas concedidas aos co-autores deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998.

FARIA, R. T. DE et al. CLIMA-programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. **Boletim Técnico IAPAR**, Londrina. n. 66, p. 29, 2002.

MORIASI, D. N. et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Transactions of the ASABE**, v. 50, n. 3, p. 885–900, 2007.

RAVAZZANI, G. et al. Modified Hargreaves-Samani equation for the assessment of reference evapotranspiration in Alpine river basins. **Journal of irrigation and drainage engineering**, v. 138, n. 7, p. 592–599, 2011.

SHUTTLEWORTH, W. J.; CALDER, I. R. Has the Priestley-Taylor Equation Any Relevance to Forest Evaporation? **Journal of Applied Meteorology**, v. 18, n. 5, p. 639–646, maio 1979.

SUMNER, D. M.; JACOBS, J. M. Utility of Penman-Monteith, Priestley-Taylor, reference evapotranspiration, and pan evaporation methods to estimate pasture evapotranspiration. **Journal of Hydrology**, v. 308, n. 1–4, p. 81–104, jul. 2005.

WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. Oxford; Waltham, MA: Academic Press, 2011.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin American Meteorological Society**, v. 30, p. 1309–1310, 1982.

WILLMOTT, C.; MATSUURA, K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. **Climate Research**, v. 30, p. 79–82, 2005.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

CRISE HÍDRICA DE VIÇOSA-MG SE AGRAVOU EM 2017?

Patrick Ágton de Oliveira¹, Caio Vieira de Moraes², Gustavo Henrique da Silva³, Francisco Cássio Gomes⁴, Matheus Pereira Gomes Raimundi⁵, Gustavo Berger Schaffer⁶, Igor Boninsenha⁷, Helizane Couto Bazame⁸, Daniel Althoff⁹, Vinicius Mendes Rodrigues De Oliveira¹⁰, Fernando França da Cunha¹¹

¹Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: patrick.agton@ufv.br; ²Discente de graduação Agronomia - UFV. e-mail: caio.morais95@gmail.com; ³Discente pós-graduação Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: dasilva.h.gustavo@gmail.com; ⁴Discente pós-graduação Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: cassioalvino@hotmail.com; ⁵Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: matheuspr@gmail.com; ⁶Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: gustavo.schaeffer@ufv.br; ⁷Discente de graduação Agronomia - UFV. E-mail: iboninsenhal@gmail.com; ⁸Discente pós-graduação Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: helizanicouto@gmail.com; ⁹Discente pós-graduação Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: daniel_althoff@hotmail.com; ¹⁰Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: viniciusmro91@gmail.com; ¹¹Docente Departamento de Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: dacunhaff@gmail.com;

RESUMO: Em 2014 o Brasil começou a passar por uma grave crise hídrica, principalmente, na região sudeste onde foi mais agravante. No município de Viçosa, Minas Gerais, esse fato se tornou evidente devido à diminuição do nível dos reservatórios e ao início dos racionamentos. Neste sentido, este trabalho objetiva apresentar uma análise da quantidade de água precipitada entre os anos de 1969 a 2017, com o intuito de analisar as mudanças no regime de precipitações ao longo desse período no município. Utilizou-se os dados de precipitação do banco de dados Banco de Dados Meteorológicos Para Ensino e Pesquisa para levantar uma base de dados de 56 anos, entre o período de 1961 a 2017. Foi analisado a média mensal de precipitação histórica e comparada com 2017 para os meses de janeiro a setembro. Verificou-se uma grande diminuição da precipitação mensal durante os primeiros cinco meses de 2017 quando comparado à média histórica. Foi observado ainda que a diferença (ou déficit) entre o acumulado dos meses estudados de 2017 e da média histórica foi de 328,8 mm. Valor responsável pelo aumento da gravidade da crise hídrica sofrida pelo município neste presente ano.

Palavras-Chave: racionamento, precipitação, seca, chuva, escassez.

INTRODUÇÃO

A água é o recurso natural de maior importância, deu origem à vida na terra e está ligada desde a existência da vida até o desenvolvimento agrícola e industrial. Em cada parte do planeta a interação com o elemento é diferente e pode ter importância diferente, desde apenas um recurso até valor

simbólico e religioso. É uma fonte natural, seja como componente bioquímico de seres vivos ou como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, até como fator de produção de bens de consumo finais e intermediários (BRASILDASAGUAS, 2017).

Em 2014 o Brasil começou a passar por uma grave crise hídrica, principalmente, na região sudeste onde foi mais agravante (CERQUEIRA, 2015). Em Viçosa, Minas Gerais, esse fato se tornou evidente devido ao início dos racionamentos. Com uma forte seca, aliada aos diversos fatores que influenciaram para o seu agravamento, Viçosa, assim como em outras cidades do país, teve seus reservatórios esvaziados, gerando, um caos no abastecimento de água (MUNDOEDUCAÇÃO, 2017; ROCHA; DE BRITO COSTA; BRAGA, 2016).

Atualmente, Viçosa sofre com os efeitos dessa crise. Sendo assim, faz-se necessário a busca por respostas que possam levar a uma possível solução para enfrentar de maneira eficiente essa crise. Portanto, este trabalho objetiva apresentar uma análise da quantidade de água precipitada entre os anos de 1969 a 2017, com o intuito de analisar as mudanças no regime de precipitações ao longo do período estudado no município de Viçosa, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Viçosa é um município brasileiro localizado no estado de Minas Gerais, na região da Zona da Mata (20° 45' S, 42° 52' W). Possui cerca de 77.863 habitantes e é considerada uma cidade universitária, com um grande polo educacional (IBGE, 2017).

Os dados de precipitação analisados foram



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

disponibilizados pelo BDMEP- Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (INMET, 2017). Os valores de precipitação eram diário, logo, os valores dos dias faltantes foram preenchidos com auxílio do software CLIMA®, software desenvolvido no IAPAR (FARIA et al., 2002).

Para avaliação do déficit de precipitação em 2017, serão apresentadas planilhas de dados mensais e anuais e gráficos que correlacionam os dados históricos com os valores obtidos para o ano em análise.

Para trabalhar os dados foi feito uma média aritmética dos dados diários para cada mês do ano, durante os 56 anos em análise de acordo com a **Equação 1** (ARAUJO et al., 2001).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X}{N} \quad \text{Equação 1}$$

Em que, X: valores de precipitação diários; N: número de dados de precipitação.

Com esta média histórica foram utilizados tabelas e gráficos para fazer uma comparação ilustrativa da crise hídrica; onde se colocou os dados da série histórica e do ano de 2017.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de precipitação mensal do ano de 2017 estão muito inferiores em relação à média histórica (1961 a 2016). Constatando, portanto, uma tendência de diminuição da precipitação ao decorrer dos meses do ano.

Meses do ano	Precipitação (mm)	
	Período	
	1961 a 2016	2017
Janeiro	218,2	65,7
Fevereiro	141,5	80,3
Março	141,3	80,9
Abril	54,6	43,0
Maio	33,4	47,5
Junho	15,3	15,6
Julho	14,7	0,0
Agosto	12,7	0,0
Setembro	49,0	18,8
Soma	680,6	351,8

Tabela 1. Comparação de dados de precipitação (mm) entre a média histórica mensal e os meses do ano de 2017.

Na Figura 1 é possível observar graficamente está diminuição da precipitação mensal que

aconteceu neste ano de 2017 em relação ao período de 1961 a 2016.

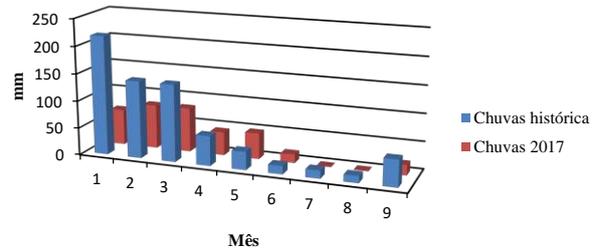


Figura 1. Precipitação mensal entre os dados históricos mensais e os meses do ano de 2017.

Foi observado ainda uma grande variação nos valores apresentados. No mês de janeiro de 2017 a precipitação mensal foi de 66 mm, comparando com a média mensal da série histórica para o mesmo mês foi cerca de 218 mm, precipitou o equivalente a somente 30% do esperado. Este mesmo déficit, de magnitude diferente, foi observado em fevereiro, março e abril. Este déficit, sem dúvidas, foi o motivo para a grande crise hídrica enfrentada pelos viçosenses neste ano de 2017.

Somente no mês de maio que houve precipitação superior à média histórica, no entanto, os 14 mm superiores não foram suficientes para minimizar a crise hídrica.

Quando se compara a precipitação acumulada entre os meses de 2017 com o acumulado da média histórica se observa um déficit de 328,8/ mm. este valor representa, 48,31% da precipitação média anual.

Vale ressaltar que este déficit de água, não permite os lençóis freáticos, barragens, lagoas, entre outros recursos hídricos atingem níveis adequados.

CONCLUSÕES

O agravamento da crise hídrica foi devido à menor precipitação ocorrida nos primeiros meses de 2017 em relação à média histórica.

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Estudo e Soluções Para agricultura Irrigada(GESAI) pelo apoio na elaboração do trabalho. Ao CNPq e CAPES pelas bolsas concedidas aos coautores do trabalho.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, W. F. et al. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, estado de Roraima, Brasil.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 5, n. 3, p. 563–567, 2001.

BRASILDASAGUAS. **A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA**. Divulgação de projeto. Disponível em: <<http://brasildasaguas.com.br/educacional/a-importancia-da-agua/>>. Acesso em: 11 fev. 2017.

CERQUEIRA, G. A. A crise hídrica e suas consequências. **SENADO**, 2015.

FARIA, R. T. DE et al. CLIMA-programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. **Boletim Técnico IAPAR**, Londrina. n. 66, p. 29, 2002.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao.html>>. Acesso em: 11 fev. 2017.

INMET. **BDMEP, INMET**. Banco de dados. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em: 3 nov. 2017.

MUNDOEDUCAÇÃO. **MUNDO EDUCAÇÃO**. Educacional. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/crise-agua-no-brasil.htm>>. Acesso em: 1 fev. 2011.

ROCHA, T. A.; DE BRITO COSTA, W. L.; BRAGA, C. C. Analysis comparison behavior of vegetation in the Paraíba State using remote sensing AVHRR/NOAA and precipitation pluvial. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 6, n. 6, p. 316–328, 2016.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA RIO BRANCO-AC.

Patrick Ágton de Oliveira¹, Igor Boninsenha², Rafael Gomes Martins³, Igor Lopes de Faria⁴, Filliph Gomes Palma⁵, Thiago Ferreira Rodrigues⁶, Gustavo Henrique da Silva⁷, Santos Henrique Brant⁸, Caio Vieira de Moraes⁹, Catariny Cabral Aleman¹⁰

¹Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: patrick.agton@ufv.br; ²Discente de graduação Agronomia – UFV. E-mail: iboninsenal@gmail.com; ³Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: rgomesmartins1@gmail.com; ⁴Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: igorbenks@gmail.com; ⁵Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: filliph.palma@gmail.com; ⁶Discente de graduação Agronomia-UFV. e-mail: thiagof.agro@outlook.com; ⁷Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: dasilva.h.gustavo@gmail.com; ⁸Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: santosdiasagro@gmail.com; ⁹Discente de graduação Agronomia – UFV. e-mail: caio.moraes95@gmail.com; ¹⁰Docente Departamento de Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: catariny@ufv.br;

RESUMO: Para estimar a evapotranspiração de referência é possível utilizar inúmeros métodos diferentes, alguns mais simples e outros mais complexos. Alguns dos métodos de evapotranspiração são mais precisos que outros, geralmente métodos mais precisos utilizam um número maior de dados para as estimativas. Contudo, nem sempre se tem disponível todos os dados necessários, sendo assim, a escolha do método utilizado não deve ser baseado apenas em sua precisão, sendo necessário analisar o melhor método para cada situação. No trabalho foram avaliados os métodos Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor em comparação com método padrão (Penman-Monteith- FAO 56). Os resultados mostraram que o método de Priestley-Taylor se aproxima mais do método padrão, sendo assim, este método é o mais recomendável.

Palavras-Chave: calibração, Penman-Monteith, Priestley-Taylor, Hargreaves-Samani.

INTRODUÇÃO

A irrigação tem um papel de grande importância na agricultura e para se aplicar o volume de água adequado é necessário realizar o balanço hídrico da cultura. Na realização do balanço, a saída de água do sistema é a evapotranspiração, e para a estimativa desta variável existem diversos métodos. A *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) recomenda o método de Penman-Monteith como padrão (ALLEN et al., 1998). Entretanto, este método utiliza um grande número de variáveis meteorológicas de difícil obtenção, que usualmente não são acessíveis aos pequenos produtores rurais.

Muitos métodos alternativos podem ser utilizados, como o método de Hargreaves-Samani (HM) e Priestley-Taylor (PT) que são uma excelente alternativa para obtenção da evapotranspiração de referência (ET_0). Todavia são métodos menos precisos, porém são passíveis de serem calibrados.

Portanto o objetivo do trabalho foi comparar o método padrão-FAO 56 (PM) com os métodos alternativos HS e PT e realizar a calibração para a cidade de Rio Branco-AC.

MATERIAL E MÉTODOS

A calibração dos métodos foi realizada para o município de Rio Branco-AC (9.95° S, 68.17° W) e os dados são referentes ao período entre 01/06/1969 e 31/12/2016.

Obtenção e tratamento dos dados

Os dados foram disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). O Banco abriga dados meteorológicos diários em forma digital, de séries históricas das várias estações meteorológicas convencionais da rede de estações do INMET (BDMEP, 2017; INMET, 2017).

Depois de realizado o download dos dados, procedeu-se para etapa de preenchimento de dados faltantes e cálculo das evapotranspirações por diferentes métodos, para isso utilizou-se o software CLIMA® do IAPAR (FARIA et al., 2002).

Já com os dados de evapotranspiração em mãos foi feito as regressões lineares para os respectivos métodos propostos no trabalho.

Análise estatística



II SIMÉA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

As avaliações estatísticas foram realizadas com base em diferentes índices estatísticos que apresentam diferentes funções de avaliações. O coeficiente de determinação (R^2) indica o poder preditivo da sua reta de regressão associada entre duas variáveis, muitas vezes não é o mais ideal, pois algumas variáveis não têm comportamento linear.

O erro médio quadrático (RMSE) dado em mm dia^{-1} , fornece uma medida da magnitude média do erro através da diferença quadrática entre os dados estimados e observados. O erro médio absoluto (MAE), dado em mm dia^{-1} , fornece um valor médio dos erros absolutos, ambas variam de 0 a $+\infty$ e quantificam o erro com as mesmas unidades da variável original.

O RMSE dá um peso relativamente alto aos grandes erros evidenciando a presença de outliers, útil quando grandes erros são particularmente indesejáveis (WILKS, 2011; WILLMOTT; MATSUURA, 2005).

O erro viés médio (MBE), dado em mm dia^{-1} , é indicado para visualizar as tendências de subestimativas ou superestimativas. A eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE) é usada para avaliar o poder preditivo do modelo, variar entre $-\infty$ e 1, e 1 corresponde o ajuste perfeito entre os dados estimados pelo modelo com os dados medidos (MORIASI et al., 2007; WILLMOTT, 1982).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Figura 1** estão os gráficos de regressão linear, que mostram o nível de correlação entre os métodos de Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani, com o método padrão FAO 56 (PM), respectivamente. Além disso, apresenta-se uma análise de erros, através de diferentes métodos estatísticos.

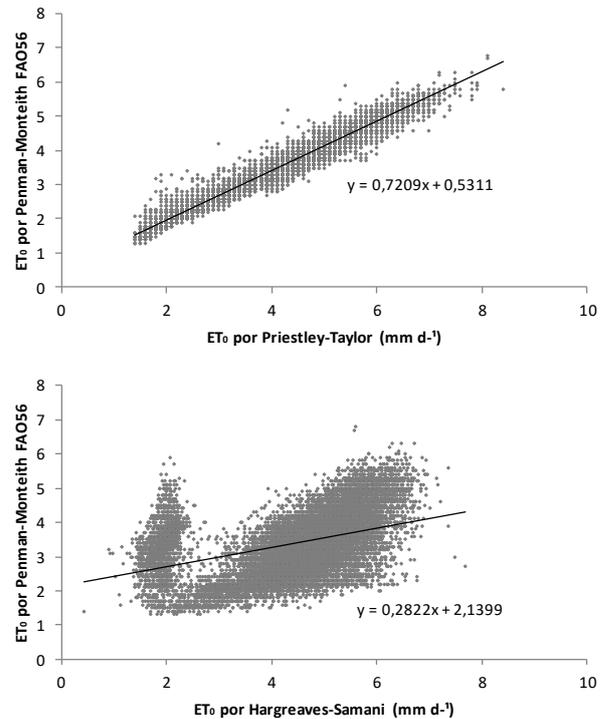
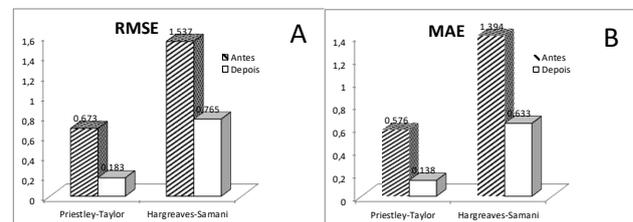


Figura 1: Comparação da ET_0 entre os métodos de (a) Priestley-Taylor e (b) Hargreaves-Samani com o método padrão FAO 56.

Observa-se na **Figura 2** que o método de Priestley-Taylor se aproxima mais do método padrão, como já encontrado por diversos autores (FERNANDES, 2006)





II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

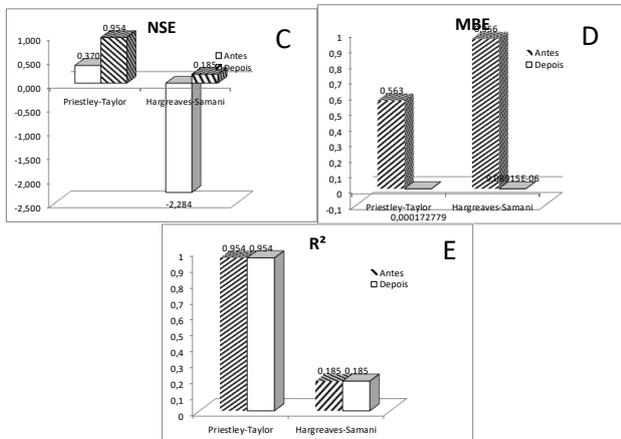


Figura 2: Avaliação estatística dos métodos originais e calibrados de Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani. A- erro médio quadrático (RMSE); B- erro médio absoluto (MAE); C- eficiência de Nash-Sutcliffe; D- erro viés médio (MBE); E- Coeficiente de correlação linear.

Na **FIGURA 2** é possível observar que o R^2 não foi alterado, uma vez que a calibração apenas alterou a inclinação da reta e o ponto de intersecção.

O NSE teve uma melhora muito boa para os métodos, principalmente para o HG, já que um NSE negativo indica que a média dos dados explica melhor a predição que o modelo.

O RMSE e o MAE explicam a precisão dos modelos. Os índices se diferem, pois o RMSE penaliza dados mais distantes da média (outliers). Contudo o RMSE e MAE apresentaram uma queda após a realização da calibração dos dados dos dois modelos, mostrando a importância da realização da calibração.

O MBE é usado apenas para identificar se o modelo subestima ou superestima a predição realizada pelo modelo, e pode-se observar que antes da calibração o modelo superestimava muito e após a calibração estes valores chegaram próximos a zero.

Contudo, com estas análises pode-se afirmar que a calibração melhorou substancialmente a estimativa da ET_0 por todos os modelos testados. Isto viabiliza a utilização dos modelos na cidade de Rio Branco.

CONCLUSÕES

Os métodos calibrados de Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani podem ser utilizados para estimativa da ET_0 em Rio Branco-AC.

Quando se tem dados de temperatura mínima e

máxima, umidade relativa do ar e radiação medida o modelo de Priestley-Taylor deve ser preferido.

AGRADECIMENTOS

Ao GESAI que contribuiu para a realização deste trabalho. Ao CNPq, CAPES e ao Programa de Educação Tutorial (PET), através SESu/MEC pelas bolsas concedidas ao autor e co-autores do trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998.
- BDMEP. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdme>>. Acesso em: 2 fev. 2017.
- FARIA, R. T. DE et al. CLIMA-programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. **Boletim Técnico IAPAR**, Londrina. n. 66, p. 29, 2002.
- FERNANDES, Lázaro Costa. **Avaliação de diversas equações empíricas de evapotranspiração. Estudo de Caso: Campos dos Goytacazes e Ilha do Fundão-RJ**. 2006. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ. 142p.
- INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Dados meteorológicos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 2 fev. 2017.
- MORIASI, D. N. et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Transactions of the ASABE**, v. 50, n. 3, p. 885–900, 2007.
- WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. Oxford; Waltham, MA: Academic Press, 2011.
- WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin American Meteorological Society**, v. 30, p. 1309–1310, 1982.
- WILLMOTT, C.; MATSUURA, K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. **Climate Research**, v. 30, p. 79–82, 2005.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

APLICATIVO PARA DIMENSIONAMENTO DE BATERIA PARA UM MOTOR ELÉTRICO

Thales Maurino de Aquino Silva¹, Thiago Pereira Miranda², Domingos Sárvio Magalhães Valente³

¹Discente de mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista CAPES. e-mail: thalesmaurino@gmail.com; ²Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista PIBIT da UFV. e-mail: thpmiranda@gmail.com; ³Professor do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: valente@ufv.br.

RESUMO: A energia solar representa uma alternativa para a geração de energia de forma renovável. Essa energia pode ser armazenada em baterias e prover energia elétrica quando uma fonte de energia não está disponível. O dimensionamento da bateria a ser utilizada para energizar um motor depende de algumas informações. Alguns desses fatores são fornecidos pelos fabricantes da bateria ou motor, porém nem todos possuem o conhecimento necessário para dimensionar a bateria. Dessa forma, os autores desse trabalho tiveram como objetivo o desenvolvimento de um aplicativo para determinar as especificações básicas de uma bateria para energizar um motor, em função das características, do tempo de autonomia do motor e da bateria. O aplicativo foi desenvolvido utilizando-se o software gratuito MIT App Inventor. No aplicativo o usuário poderá optar por duas opções: qual bateria deve utilizar para obter a autonomia desejada ou qual a autonomia de uma bateria específica. Na primeira opção ele deverá informar o tempo de autonomia desejado, a tensão e a potência máxima do motor a ser utilizado. O aplicativo então irá indicar a carga e a corrente mínimas que a bateria deve ter para energizar o motor pelo tempo de autonomia desejado. Na segunda opção a carga que a bateria possui, a tensão de operação do sistema, a potência máxima do motor. O aplicativo então irá indicar o tempo de autonomia daquela bateria energizando esse motor. O aplicativo é eficiente e rápido nos cálculos e pode auxiliar o agricultor na escolha da bateria que melhor atende as suas necessidades.

Palavras-Chave: android, energia solar, mit app inventor

INTRODUÇÃO

A utilização de energia elétrica nas aplicações agrícolas muitas vezes fica restrita devido à falta de

rede elétrica disponível ao longo da propriedade rural. Para aplicações em que a rede elétrica não está disponível, muitas vezes são utilizados motores movidos por combustíveis fósseis, como gasolina ou diesel. Porém a energia solar por ser uma fonte limpa, renovável e abundante, é considerada uma solução ideal para abastecer eletricamente áreas remotas, desprovidas do fornecimento de energia elétrica (Silva & Do Carmo, 2017). Essa energia pode ser armazenada em bancos de bateria e prover energia elétrica quando uma fonte de energia não está disponível.

As baterias mais recomendadas para sistemas solares fotovoltaicos são as estacionárias. Pois, estas são tipicamente aplicadas a funções que demandam por longos períodos corrente elétrica moderada, ao invés de sobrecargas por poucos segundos (Solar Brasil, 2017).

O dimensionamento da bateria a ser utilizada para energizar um motor depende principalmente da autonomia desejada do sistema, da potência, da carga, da corrente, da tensão do motor e, da tensão, da carga e da corrente da bateria. Algumas dessas informações são fornecidos pelos fabricantes da bateria ou do motor. Porém a maioria dos produtores rurais não possui o conhecimento necessário para o dimensionar a bateria. Dessa forma, os autores desse trabalho tiveram como objetivo o desenvolvimento de um aplicativo para determinar as especificações básicas de uma bateria para energizar um motor, em função das características, do tempo de autonomia do motor e da bateria.

MATERIAL E MÉTODOS

O aplicativo foi desenvolvido utilizando-se o software gratuito MIT App Inventor. O MIT App Inventor não possui uma linguagem de programação específica, utilizando-se de blocos de



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

instruções que podem ser encaixados de forma lógica para o desenvolvimento da aplicação (Ribeiro et al., 2017). Os blocos de instrução do aplicativo são apresentados na: **figura 1** (Tela inicial), **figura 2** (Tela “Qual bateria devo utilizar?”, em anexo) e **figura 3** (Tela “Em quanto tempo minha bateria vai descarregar?”, em anexo).



Figura 1. Blocos de instrução da Tela inicial.

Utilizando-se os blocos foram coletadas as informações da tela e utilizou-se a **equação 1** como base elementar de cálculos do programa.

$$P = V * I \quad (1)$$

Sendo:

P - Potência

V – Voltagem

I – Corrente elétrica

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No aplicativo o usuário poderá optar por saber qual bateria deve utilizar para obter a autonomia desejada ou qual a autonomia de uma bateria específica (**Figura 4**).

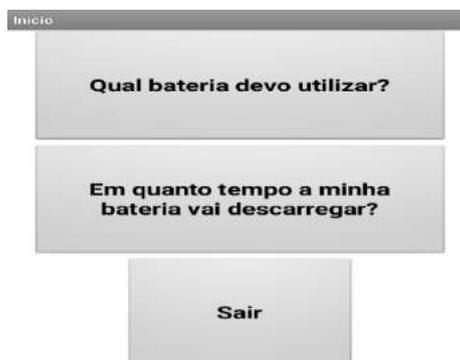


Figura 4. Tela inicial do aplicativo.

Escolhendo a primeira opção o usuário deve informar o tempo de autonomia desejado, a tensão e a potência máxima do motor a ser utilizado e clicar no botão “Calcular” (**Figura 5**). Então o aplicativo irá indicar a carga e a corrente mínima necessária para

energizar o motor pelo tempo de autonomia desejado (**Figura 6**).

Figura 5. Exemplo de preenchimento dos dados para a primeira opção.

Figura 6. Resultado apresentado para qual bateria utilizar.

Escolhendo a segunda opção o usuário deve informar a carga que a bateria possui, a tensão de operação do sistema, a potência máxima do motor e clicar no botão “Calcular” (**Figura 7**). O aplicativo então irá indicar o tempo de autonomia daquela bateria energizando esse motor (**Figura 8**).

Figura 7. Exemplo de preenchimento dos dados para a segunda opção.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Em quanto tempo a minha bateria vai descarregar?

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, Capes e Fapemig pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

RIBEIRO, J. P.; MANSO, M. A.; BORGES, M. Dinâmicas com App Inventor no apoio ao aprendizado e no ensino de programação. Em: V Congresso Brasileiro de Informática na Educação, 2016, Uberlândia – MG, **Anais...** XXII Workshop de Informática na Escola, 2016, v 1. p. 271-280.

SILVA, R. G.; DO CARMO, M. J. Energia solar fotovoltaica: uma proposta para melhoria da gestão energética. **InterSciencePlace**, v. 12, n. 2, 2017.

Solar Brasil. Disponível em <<http://www.solarbrasil.com.br/blog-da-energia-solar/100-como-escolher-a-bateria-para-um-sistema-de-energia-fotovoltaica-off-grid>>. Acesso em: 8 de novembro de 2017.

A bateria irá descarregar em:
7.17889 Horas
Voltar

Figura 8. Resultado apresentado para a duração da bateria.

CONCLUSÕES

O aplicativo é eficiente e rápido nos cálculos e pode auxiliar o agricultor na escolha da bateria que melhor atende as suas necessidades.

FIGURAS EM ANEXO

```

when btnVoltar.Click
do close screen

initialize global Tempo to 0
initialize global Tensao to 0
initialize global Potencia to 0
initialize global Corrente to 0
initialize global Carga to 0

when btnCalcular.Click
do
  set global Tempo to txtTempo.Text
  set global Tensao to txtTensao.Text
  set global Potencia to txtPotencia.Text
  set VerticalArrangement2.Visible to false
  if cbWatts.Checked
  then set global Corrente to (get global Potencia) / (get global Tensao)
  if cbCavalo.Checked
  then set global Corrente to ((get global Potencia) * 73548975 / 100000) / (get global Tensao)
  set global Carga to (get global Corrente) * (get global Tempo)
  set lblCarga.Text to (get global Carga)
  set lblCorrente.Text to (get global Corrente)
  set VerticalArrangement1.Visible to true
  
```

Figura 2. Blocos de instrução da Tela “Qual bateria devo utilizar?”.

```

when btnVoltar.Click
do close screen

initialize global Carga to 0
initialize global Potencia to 0
initialize global Tensao to 0
initialize global Tempo to 0
initialize global Tempo2 to 0

when btnCalcular.Click
do
  set global Carga to txtCarga.Text
  set global Potencia to txtPotencia.Text
  set global Tensao to txtTensao.Text
  set VerticalArrangement1.Visible to false
  if cbWatts.Checked
  then set global Tempo to (get global Carga) / ((get global Potencia) / (get global Tensao))
  if cbCavalo.Checked
  then set global Tempo to (get global Carga) / ((get global Potencia) * 73548975 / 100000) / (get global Tensao)
  set lblAutonomia.Text to (get global Tempo)
  set VerticalArrangement2.Visible to true
  
```

Figura 3. Blocos de instrução da Tela “Em quanto tempo minha bateria vai descarregar?”.



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

ANÁLISE DE TENDÊNCIA EM SÉRIES HISTÓRICAS DE PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRACICABA, MG

**Tiago Tozi¹, Micael de Souza Fraga², Marcel Carvalho Abreu³,
Rafael Petruceli Coelho Lima⁴, Demetrius David da Silva⁵**

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. E-mail: tiagotozi@gmail.com; ²Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: micaelfraga@gmail.com; ³Discente de pós-graduação em Meteorologia Aplicada - UFV. E-mail: marcelc.abreu@gmail.com; ⁴Mestre em Engenharia Agrícola. E-mail: rafael.petruceli@gmail.com; ⁵Professor do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental- UFV. E-mail: demetrius@ufv.br.

RESUMO: A detecção de tendências em séries históricas de precipitação é importante para a gestão de recursos hídricos e pode ser feita por meio de testes estatísticos. O Objetivo do trabalho foi analisar as tendências de precipitações da bacia hidrográfica do rio Piracicaba, Minas Gerais, utilizando o teste não paramétrico de Pettitt. Para tal, foram utilizadas séries históricas de precipitação correspondentes ao período de 1986 a 2015, obtidas no Portal HidroWeb da Agência Nacional de Águas. Os resultados mostraram que nenhuma das estações analisadas apresenta qualquer tipo de tendência na variação do total anual precipitado. Apenas uma estação apresentou tendência positiva (aumento) da precipitação para o mês de abril. Para essa estação, a média da precipitação era de 56,6 mm, para o período de 1986 a 2001, aumentando para 104 mm, no período de 2002 a 2015.

Palavras-Chave: chuva, estacionariedade, Pettitt.

INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são um bem natural importante para o desenvolvimento da sociedade, seja para o consumo humano ou para a produção industrial e agrícola. A falta ou escassez do mesmo pode ser um grande empecilho para o desenvolvimento de um país ou uma região.

Dentre todas as variáveis utilizadas para monitorar a disponibilidade hídrica de uma bacia, se destaca a pluviosidade. Assim como as demais variáveis climáticas, a pluviosidade pode ser influenciada pelo aquecimento global e pelas mudanças no uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas (ULIANA *et al.*, 2015; BACK, 2001).

A realização de medições de índices de precipitação pluvial é importante em diferentes contextos, tais como, produção de alimentos, manejo dos recursos hídricos, avaliação ambiental,

erosão hídrica, dentre outros (FERREIRA *et al.*, 2015). Ter ideia de como as chuvas irão se comportar auxilia desde a previsão de safras na agricultura, bem como na manutenção de estoques à capacidade prevista de geração de energia elétrica por uma usina.

Para avaliar as tendências de aumento ou redução da pluviosidade de um determinado local, diversos autores vêm aplicando a metodologia da análise de tendência (FERREIRA *et al.*, 2015; WANDERLEY *et al.*, 2013; CERA e FERRAZ, 2014). A análise de tendência é importante para verificar se a não estacionariedade está relacionada com variações do clima ou alterações antrópicas (ULIANA *et al.*, 2015).

Diante disso, o objetivo do trabalho foi analisar a tendência de séries históricas de precipitação por meio de um teste estatístico não paramétrico na bacia do rio Piracicaba, Minas Gerais, de forma que as informações obtidas possam ser incorporadas em estudos relacionados com a modelagem hidrológica e gestão de recursos hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do rio Piracicaba (BHRPI), que, com uma área total de 5.465,38 km², encontra-se totalmente inserida no Estado de Minas Gerais e é uma das sub-bacias do rio Doce. Considerando o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), datum SIRGAS 2000 e zona 23 S, a bacia está contida entre os paralelos S: 7875000 – 7750000 e meridianos O: 625000 – 775000.

Para a análise, foram utilizadas séries históricas de precipitações das estações pluviométricas pertencentes à rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA). Para todas as estações, utilizou-se um período comum de 30 anos de dados (1986 - 2015). O inventário das estações é



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

disponibilizado online via Portal HidroWeb da ANA.

Para identificar as estações pluviométricas com influência na bacia do rio Piracicaba, foi utilizado o método do Polígono de Thiessen (Figura 1). A metodologia consiste em conectar as estações por trechos retilíneos, traçando linhas perpendiculares a esses trechos passando pelo meio uma linha que liga as duas estações. As linhas perpendiculares são, então, prolongadas até encontrarem as outras. O polígono é formado pela intersecção das linhas, correspondendo à área de influência de cada estação. Sendo assim, foram selecionadas todas as estações que possuíam área de influência na bacia.

Para a identificação de tendência nas séries históricas de precipitação anual e mensal foi utilizado o teste de Pettitt (PETTITT, 1979; LIU *et al.*, 2013) ao nível de 5% de significância. Este teste indica o ponto em que houve uma mudança brusca na média de uma série temporal, com isso, identificam-se períodos com comportamentos distintos na série histórica. A hipótese nula do teste admite ausência de um ponto de mudança (*change point*) na série. Para a análise anual, o teste foi aplicado em todas as estações. Já para a análise mensal, o teste foi aplicado somente naquelas com maior área de influência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentado o resultado da seleção das estações pluviométricas pela metodologia do Polígono de Thiessen. No total, foram selecionadas onze estações com área de influência na bacia, sendo que as estações de código 1943001, 1942029, 1943027 e 2043059 foram as quatro mais representativas, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Estações pluviométricas e suas respectivas áreas de influência na bacia do rio Piracicaba.

Código	Nome	Área (km ²)
2043056	Fazenda Água Limpa	40,84
2043059	Colégio Caraça	830,19
1943010	Caeté	139,49
1943024	José de Melo	180,13
1943027	Usina Peti	878,82
1943001	Rio Piracicaba	1535,55
2043027	Fazenda Ocidente	111,35
1943008	Santa Maria do Itabira	485,00
2042031	Fazenda Cachoeira D'antas	202,92
1942029	Mario de Carvalho	1035,27
1943003	Ferros	3,39

Analisando os resultados do total anual precipitado para todas as estações selecionadas, foi observado que, pelo teste de Pettitt, as estações não apresentaram tendência no período avaliado, indicando que não há tendência de aumento ou redução da precipitação na bacia.

Quando se analisou mensalmente as quatro estações de maior influência, foi obtido que apenas a estação de código 1942029 apresentou uma tendência de aumento de precipitação para o mês de abril (Tabela 2).

Tabela 2. Resultado do teste de Pettitt para os dados de precipitação média mensal.

Mês	Estação Pluviométrica			
	1942029	1943001	1943027	2043059
Jan.	-	-	-	-
Fev.	-	-	-	-
Mar.	-	-	-	-
Abr.	↑	-	-	-
Mai.	-	-	-	-
Jun.	-	-	-	-
Jul.	-	-	-	-
Ago.	-	-	-	-
Set.	-	-	-	-
Out.	-	-	-	-
Nov.	-	-	-	-
Dez.	-	-	-	-

Na Figura 2 é apresentado o resultado do teste de Pettitt para o mês de abril da estação 1942029, sendo possível identificar o ponto em que houve a mudança brusca na média da série temporal, identificando-se também os períodos que apresentaram comportamentos distintos na série.

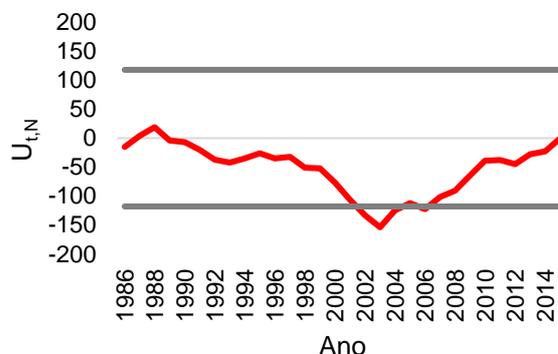


Figura 2. Resultado do teste de Pettitt para o mês de abril da estação 1942029.

A tendência no mês de abril foi detectada, uma vez que o valor da estatística do teste ultrapassou o valor crítico, que nesse caso foi igual a 118. A



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

vantagem do teste de Pettitt em relação a outros testes de tendência é que ele permite a identificação do ponto de mudança de tendência na série histórica, com isso, identificam-se períodos com comportamentos distintos na série histórica.

Pela Figura 2 observa-se que a ruptura da série ocorreu no ano de 2001. Para essa estação, foi constatada que a média da precipitação era de 56,6 mm, para o período de 1986 a 2001, aumentando para 104 mm (aumento de 92%), no período de 2002 a 2015 (Figura 3).

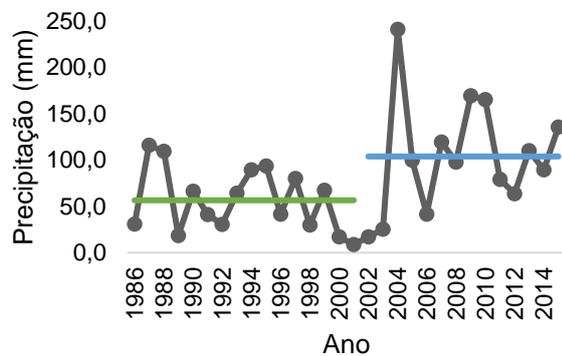


Figura 3. Série histórica da precipitação média do mês de abril, para a estação 1942029.

O aumento do total precipitado para o mês de abril na estação pode estar relacionado ao retardamento do fim do período chuvoso. Entretanto, com o teste de Pettitt só é possível afirmar apenas que a precipitação associada a determinado período apresenta tendência significativa ou não, sendo necessário realizar estudos adicionais para identificação das causas deste comportamento. Conforme Uliana *et al.* (2015), estudos como este são complexos, visto ser grande o número de fatores envolvidos.

Uliana *et al.* (2015) estudando as variações pluviométricas para a região de Alegre (ES) – bacia relativamente próxima a bacia do Piracicaba - concluiu que houve tendência de aumento das precipitações para a região nos meses de agosto e setembro. Back (2001) estudando as tendências para a bacia do Urussunga (SC) observou que houve aumento significativo na precipitação do trimestre outubro/novembro/dezembro. Enquanto que Wanderley *et al.* (2013) observou para o sertão do Rio São Francisco (AL) tendência de aumento da precipitação em sete meses. Conforme os trabalhos consultados na literatura, entende-se que não há uma tendência global que impacte todas as bacias brasileiras. Ressaltando a importância deste tipo de estudo para cada bacia a fim de auxiliar órgãos públicos e privados na tomada de decisão.

CONCLUSÕES

Com base na metodologia utilizada e no período de dados avaliado, conclui-se que:

1. A bacia hidrográfica do rio Piracicaba não apresenta tendência, positiva ou negativa, para a precipitação total anual.
2. A estação 1942029 apresenta tendência positiva no total precipitado para o mês de abril, dividindo a série histórica em dois períodos distintos: 1986 a 2001 e 2002 a 2014, com um aumento de 92% no total precipitado.

REFERÊNCIAS

- BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 5, p. 717-726, 2001.
- CERA, J. C.; FERRAZ, S. E. T. Variações climáticas na precipitação no sul do Brasil no clima presente de futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 1, p. 81-88, 2014.
- FERREIRA, D. H. L.; PENEREIRO, J. C.; FONTOLAN, M. R. Análises estatísticas de tendências das séries hidro-climáticas e de ações antrópicas ao longo das sub-bacias do rio Tietê. **HOLOS**, v. 2, p. 50-68, 2015.
- LIU, X.; DAI, X.; ZHONG, Y.; LI, J.; WANG, P. Analysis of changes in the relationship between precipitation and streamflow in the Yiluo River, China. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 114, p. 183-191, 2013.
- PETTITT, A. N. A Non-Parametric Approach to the Change-Point Problem. **Applied Statistics**, v. 28, p. 126-135, 1979.
- ULIANA, E. M.; SILVA, D. D.; ULIANA, E. M.; RODRIGUES, B. S.; CORRÊDO, L. P. Análise de tendência em séries históricas de vazão e precipitação: uso de teste estatístico não paramétrico. **Ambiente & Água**, v. 10, n. 1, p. 82-88, 2015.
- WANDERLEY, H. S.; SEDIYAMA, G. C.; JUSTINO, F. B.; ALENCAR, L. P.; DELGADO, R. C. Variabilidade de precipitação no sertão do São Francisco, estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 790-795, 2013.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

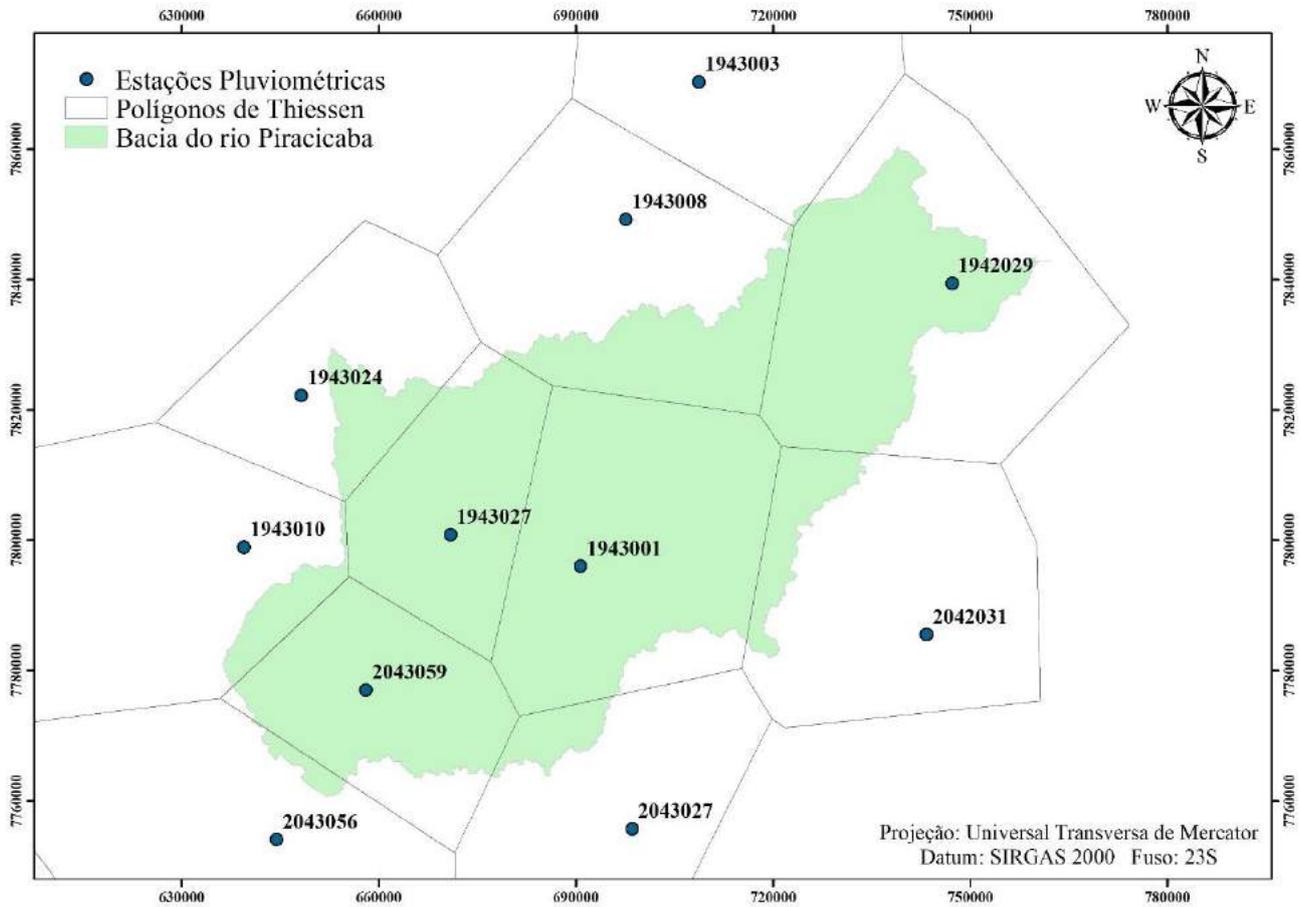


Figura 1. Seleção das estações pluviométricas pela metodologia do Polígono de Thiessen



CALIBRAÇÃO DE EQUAÇÕES DE DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA COM O PADRÃO FAO 56 PARA A REGIÃO DE BARREIRAS-BA

¹Igor Boninsenha, ²Francisco Cássio Gomes Alvino, ²Helizani Couto Bazame, ²Daniel Althoff, ²Vinicius Mendes Rodrigues de Oliveira, ²Robson Argolo dos Santos, ²Rafael Gomes Martins, ³Igor Lopes de Faria, ²Santos Henrique Brant Dias, ²Élvis da Silva Alves, Fernando França da Cunha⁴.

¹Discente de graduação em Agronomia – UFV; E-mail: iboninsenal@gmail.com;

²Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: cassioalvino@hotmail.com; helizanicouto@gmail.com; daniel_althoff@hotmail.com; viniciusmro91@gmail.com; argolo.agro@gmail.com; rgomesmartins1@gmail.com; santosdiasagro@gmail.com; elvistv@gmail.com;

³Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: igorbenks@gmail.com;

⁴Docente Departamento de Engenharia Agrícola-UFV. E-mail: dacunhaff@gmail.com.

RESUMO: O cálculo de evapotranspiração de referência é na maioria dos casos a base para o manejo de irrigação, desta forma objetiva-se comparar o método Penman-Monteith, padrão FAO-56, com os métodos alternativos de Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani, visando à calibração e correção das equações. Os dados foram analisados para a região de Barreiras-BA, obtidos da estação automática do INMET. Conclui-se que após a calibração, os valores calculados pelas outras equações se aproximam dos dados calculados pela equação padrão, sendo o método de Priestley-Taylor com melhor desempenho.

Palavras-Chave: água, clima, evapotranspiração de referência, manejo de irrigação, racionalização do uso da água.

INTRODUÇÃO

A água é um fator de produção de extrema importância na agricultura, e desta forma, o seu manejo correto é primordial para o sucesso dos cultivos. Nos últimos anos, percebemos instabilidade das variáveis climáticas, principalmente relacionadas à distribuição de chuvas que por vezes passam a comprometer a produtividade das lavouras e até sua viabilidade.

Sendo assim, a irrigação torna-se um fator de segurança produtiva e deve ser bem manejado visando a maior eficiência do sistema, melhor uso dos recursos naturais e economia de energia no processo.

A lâmina de irrigação necessária para suprir as perdas de água pela planta é calculada com a evapotranspiração de referência, coeficiente de cultura, frequência de irrigação e coeficiente de localização (BERNARDO et al., 2008). Para definir corretamente a evapotranspiração de referência

pelo método padrão Penman-Monteith, FAO-56 (ALLEN, 1998) é necessário uso de variáveis climáticas complexas, obtidos por meio de equipamentos e sensores de alto custo, e em sua maioria não estão disponíveis ao produtor, e com isso ocasionando o não manejo da irrigação, levando ao desperdício de água e altos consumos de energia e adubação.

A região de Barreiras foi escolhida devido ao forte desenvolvimento da agricultura irrigada, apresentando mais de 34 mil hectares irrigados por pivô central (GUIMARAES et al, 2014), possuindo assim forte demanda em manejo de irrigação.

Deste modo, o objetivo do trabalho é definir os coeficientes de calibração das equações de Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani, aproximando as estimativas ao método padrão Penman-Monteith FAO-56 para a região de Barreiras-BA.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados climáticos foram obtidos da estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no município de Barreiras-BA (12°07'28,97"S; 45°01'37,38"W), a uma altitude de 474 metros e com dados de 01 de janeiro de 1961 a 31 de dezembro de 2016.

Procedeu-se o tratamento de dados visando completar os dados faltantes por meio das médias diárias do período de 5 dias anteriores e posteriores a data de interesse. Após isso, calculou-se a Evapotranspiração de Referência (ET₀) por meio da equação padrão FAO-56 (PM) e por meio das equações de Priestley-Taylor (PT) e Hargreaves-Samani (HG) (EMBRAPA, 2006).

Fazendo-se da equação de Penman-Monteith a padrão para os testes, plotou-se em gráfico as equações de Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani separadamente e submeteu-se ambas à análise de



regressão linear, e a partir delas definir os coeficientes a e b de regressão linear.

Com estes coeficientes, novamente se calculou os valores de ET_0 obtidos pelas equações PT e HG, de modo a comparar o desempenho das equações antes e após a correção.

As avaliações estatísticas foram realizadas com base em diferentes índices estatísticos que apresentam diferentes funções de avaliações. r^2 indica correlação da reta de regressão associada entre duas variáveis.

O erro médio quadrático (RMSE, $mm \cdot dia^{-1}$) fornece a magnitude média do erro através da diferença quadrática entre os dados estimados e observados, o erro médio absoluto (MAE, $mm \cdot dia^{-1}$) fornece valor médio dos erros absolutos, ambas variam de 0 a $+\infty$ e quantificam o erro com as mesmas unidades da variável original. O RMSE dá um peso relativamente alto aos grandes erros evidenciando a presença de outliers, útil quando grandes erros são particularmente indesejáveis (WILKS, 2011; WILLMOTT; MATSUURA, 2005).

O erro viés médio (MBE) é indicado para visualizar as tendências de subestimativas ou superestimativas, o índice de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE) é usado para avaliar o poder preditivo do modelo, variar entre $-\infty$ e 1, e 1 corresponde o ajuste perfeito entre os dados estimados pelo modelo com os dados medidos (MORIASI et al., 2007; WILLMOTT, 1982).

Com a utilização de vários índices estatísticos será possível concluir melhor sobre a calibração do método e comparar com diversos autores. Para avaliar a eficiência dos tratamentos e correção foram utilizados o RMSE, o NSE, o MAE, o MBE e o r^2 . Estes valores foram calculados para antes e depois da correção e tabelados para comparação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 1 e 2 mostram o comportamento das equações de estimativas em relação a equação padrão PM, sendo a equação de PT mais próxima da reta 1×1 em relação a de HG que apresenta tendência de superestimação dos dados de ET_0 . Isto também foi observado por Dantas et al. (2016) para o estado da Paraíba.

Para os métodos de PT e HS estimarem a ET_0 com as mesmas dimensões que o método padrão PM, os coeficientes "a" e "b" da reta linear gerada no gráfico, deveriam ser 1 e 0, respectivamente, gerando assim a reta $y=x$, quando os valores dos coeficientes se distanciam destes valores significa que as equações não estimam valores próximos ou iguais à equação padrão, necessitando assim de calibração (OLIVEIRA et al, 2015).

Para confirmar isto foi realizado as análises estatísticas com a utilização de índices estatísticos

que comparam valores pareados de dados. A calibração dos dados foi feita com a equação gerada pelo gráfico, a fim de aproximar os valores estimados pelas equações com a equação padrão.

Na tabela 1 estão apresentados os índices estatísticos calculados para as duas equações, antes e após a calibração das equações com a equação padrão. A equação de PT manteve correlação forte, superestimando os resultados antes da correção e mantendo-os ajustados após.

Os valores de erro após a correção dos dados diminuíram significativamente, indicando a melhoria das equações para os cálculos nestas condições, sendo também observado por Medeiros et al. (2002).

Tabela 1 – Índices estatísticos calculados para as duas equações antes e após a calibração

Equação de estimativa	Índices estatísticos	Índices estatísticos				
		RMSE	NSE	MAE	MBE	r^2
Priestley Taylor	Antes	0,75	0,40	0,64	0,55	0,79
	Após	0,44	0,79	0,30	0,00	0,79
Hargreaves Samani	Antes	1,51	1,41	1,30	0,01	0,15
	Após	0,90	0,15	0,70	0,02	0,15

A equação de HG mantém uma baixa correlação com a equação padrão, e mesmo reduzindo significativamente os valores de erro após a correção, estes mantem-se mais altos que os encontrados para a equação de HG. Esta equação, antes e após a correção, apresenta uma pequena superestimativa dos de evapotranspiração.

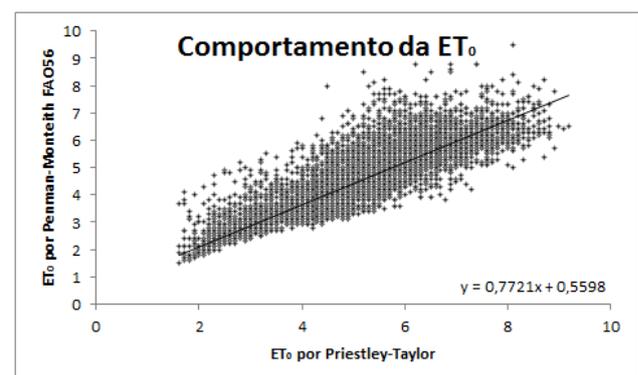


Figura 1 – Relação entre os valores estimados pela equação de PM e PT.

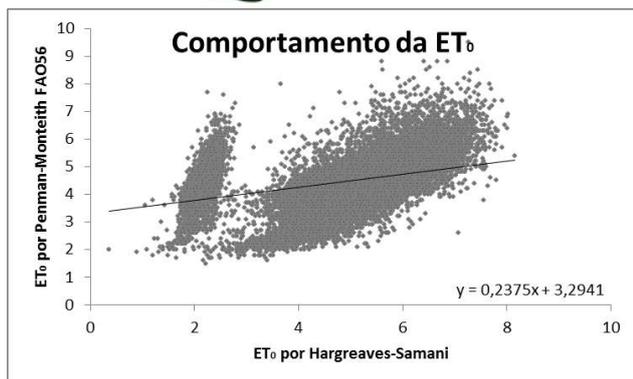


Figura 2 – Relação entre os valores estimados pela equação de PM e HG.

CONCLUSÕES

Conclui-se que os coeficientes a e b encontrados para as duas equações foram 0,7721 e 0,5598 para PT e 0,2375 e 3,2941 para PM. Os resultados obtidos após a correção das equações para a equação de PM se mostraram mais confiáveis que HG, mesmo com melhorias em ambos, devido variáveis utilizadas no cálculo, e desta forma é possível o uso das duas equações para cálculo de evapotranspiração de referência para região de Barreiras.

AGRADECIMENTOS

Sinceros agradecimentos ao GESAI, Professores do DEA e Orientadores.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. **FAO Irrigation and Drainage Paper Crop by**. Irrigation and Drainage, v. 300, n. 56, p. 300, 1998. Disponível em: <<http://www.kimberly.uidaho.edu/water/fao56/fao56.pdf>>.

DANTAS, Geffson de Figueredo, OLIVEIRA, V. M. R.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F.; SANTOS, M. G.; FARIA, R. T. Desempenho De Métodos Na Estimativa De Evapotranspiração De Referência Para O Estado Da Paraíba, Brasil. **IRRIGA**, V. 21, n. 3, p. 481-490, 2016.

EMBRAPA. **Roteiro de cálculo da evapotranspiração de referência pelo método de Penman- Monteith-FAO**. v. 1, n. 1, p. 8, 2006.

GUIMARAES, D. P.; LANDAU, E. C.; SOUZA, D. L. Irrigação por pivôs centrais no Estado da Bahia - Brasil. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 102. EMBRAPA Milho e Sorgo, 2014.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa Da Evapotranspiração De Referência a Partir Da Equação De Penman-Monteith, De Medidas Lisimétricas E De Equações Empíricas, Em Paraipaba, CE**. Tese (doutorado), p. 103, 2002.

MORIASI, D. N. et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Transactions of the ASABE**, v. 50, n. 3, p. 885–900, 2007.

OLIVEIRA, V. M. R.; DANTAS, G. F.; PALARETTI, L. F.; DALRI, A. B.; SANTOS, M. G.; FISCHER FILHO, J. A. ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA REGIÃO DE RIO PARANAÍBA-MG. **IRRIGA**, v. 20, n. 4, p. 790-798, 2015.

WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. Oxford; Waltham, MA: Academic Press, 2011.

WILLMOTT, C.; MATSUURA, K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. **Climate Research**, v. 30, p. 79–82, 2005.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin American Meteorological Society**, v. 30, p. 1309–1310, 1982.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

CALIBRAÇÃO DE MÉTODOS ALTERNATIVOS DE ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE PARACATU-MG

Daniel Althoff¹, Helizani Couto Bazame², Vinícius Mendes Rodrigues de Oliveira³, Robson Argolo dos Santos⁴, Rafael Gomes Martins⁵, Igor Lopes de Faria⁶, Santos Henrique Brant Dias⁷, Francisco Cássio Gomes Alvino⁸, Caio Vieira de Moraes⁹, Patrick Agton de Oliveira¹⁰, Catariny Cabral Aleman¹¹

¹Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola – UFV. e-mail: daniel_althoff@hotmail.com; ²Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: helizanicouto@gmail.com; ³Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola – UFV. e-mail: viniciusmro91@gmail.com; ⁴Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola – UFV. e-mail: argolo.agro@gmail.com; ⁵Discente pós-graduação Engenharia Agrícola – UFV. e-mail: rgomesmartins1@gmail.com; ⁶Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. e-mail: igorbenks@gmail.com; ⁷Discente pós-graduação Engenharia Agrícola – UFV. e-mail: santosdiasagro@gmail.com; ⁸Discente pós-graduação Engenharia Agrícola – UFV. e-mail: cassioalvino@hotmail.com; ⁹Discente de graduação Agronomia – UFV. E-mail: caio.morais95@gmail.com; ¹⁰Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. e-mail: patrick.agton@ufv.br; ¹¹Professora do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. E-mail: catariny@ufv.br;

RESUMO: O manejo da água e a produtividade das culturas podem ser melhorados em função da precisão e confiabilidade dos métodos utilizados para estimar a evapotranspiração das culturas. O objetivo do presente trabalho foi comparar os modelos Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani com o método padrão Penman-Monteith FAO56 para a estimativa diária de evapotranspiração e realização de seus ajustes para o município de Paracatu-MG. O estudo foi realizado utilizando dados meteorológicos da estação convencional localizada no município de Paracatu-MG. Para realizar as calibrações de estimativas de evapotranspiração, foram feitas análises de regressão utilizando um modelo linear. Os dados obtidos foram analisados e comparados utilizando o coeficiente de determinação, a raiz do erro quadrático médio, o desvio das médias, o erro médio absoluto e o coeficiente de Nash-Sutcliffe, para os dados antes e após a correção da estimativa de evapotranspiração de referência. A calibração dos modelos reduziu os erros de estimativa de evapotranspiração de referência e apresentou-se eficiente para o município de Paracatu-MG.

Palavras-Chave: balanço hídrico, estações agrometeorológicas, manejo de irrigação, recursos hídricos.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é um fenômeno físico pelo qual a água da superfície terrestre passa para a atmosfera através da evaporação da água do solo e

da transpiração dos vegetais. A quantificação do consumo de água de grandes áreas e projetos de irrigação é importante para o uso e manejo racional dos recursos hídricos, recursos esses que se encontram cada vez mais escassos devido à crescente aplicação em diversas partes do planeta (Silva & Bezerra, 2006; Allen et al., 2007, Araújo et al., 2017).

O manejo da água e a produtividade das culturas podem ser melhorados em função da precisão e confiabilidade dos métodos utilizados para estimar a evapotranspiração das culturas (Fernandes et al., 2012). Portanto, compreender a evapotranspiração de referência (ET_0) é essencial para um planejamento econômico do uso de recursos hídricos.

O modelo FAO56 do Penman-Monteith (PM) é o método padrão para se estimar a ET_0 na escala diária e mensal em todos os climas, podendo ser usado globalmente sem qualquer calibração local, inclusive para estimativas horárias, devido à incorporação de parâmetros meteorológicos (Lima Junior et al., 2016). No entanto, o número de estações onde existem dados confiáveis para esses parâmetros é limitado.

Portanto, a busca por métodos alternativos que demandem menos variáveis meteorológicas para estimar a ET_0 tem sido uma solução viável para contornar esse problema (Fernandes et al., 2012).

O estudo objetivou calibrar e comparar os modelos Priestley-Taylor (PT) e Hargreaves-Samani (HS) em relação ao modelo PM FAO56 para a estimativa diária da evapotranspiração mesmos para Paracatu- MG.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado utilizando dados meteorológicos da estação convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) situada no município de Paracatu-MG (17°13'19"S, 46°52'30"O e 712m de altitude – Datum WGS84) durante o período de 03 de julho de 1973 a 31 de dezembro de 2016. Segundo a classificação de Köppen-Geiger (1930), o clima é Aw, apresentando inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média de 23,1 °C e temperatura do mês mais frio superior a 20,2 °C.

A partir das estimativas de evapotranspiração de referência geradas pelos modelos PM, PT e HS, foi possível utilizar o modelo linear de regressão para correlacionar os métodos de PT e HS ao método padrão (PM FAO56). Determinaram-se as estimativas de ET_0 pelos métodos PT e HS como as variáveis independentes da regressão, resultando em equações de ajuste que melhor estimariam a ET_0 .

Delineamento e análise estatística

Os dados obtidos foram analisados e comparados utilizando o coeficiente de determinação (r^2), a raiz do erro médio quadrático (RMSE), o desvio das médias (MBE), o erro médio absoluto (MAE) e o coeficiente de Nash-Sutcliffe (NSE), para os dados antes e após a correção da estimativa de ET_0 .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **figura 1 e 2** são apresentadas as equações de calibração obtidas através das regressões lineares dos métodos de Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani com Penman-Monteith FAO56.

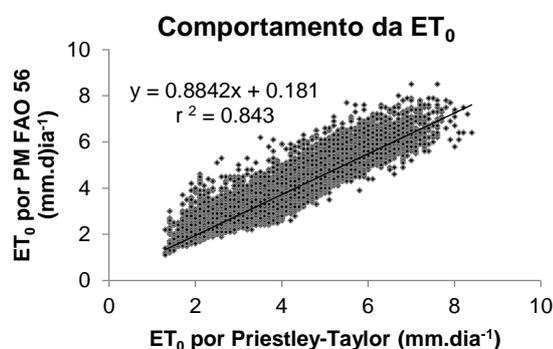


Figura 1. Comportamento da relação ET_0 entre os métodos PM e PT.

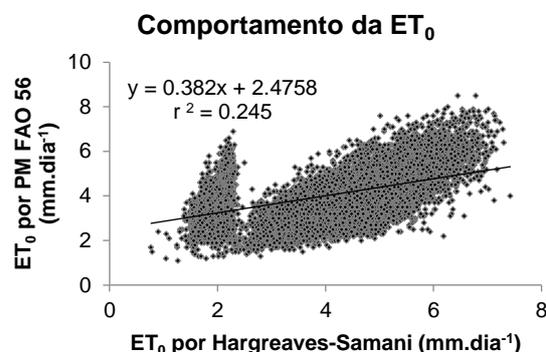


Figura 2. Comportamento da relação ET_0 entre os métodos PM e HS.

Referente às regressões lineares (**Figura 1 e 2**), o coeficiente de determinação (r^2) pode ser interpretado como que o modelo de PT foi mais capaz que o modelo HS de explicar a ET_0 estimada por PM. Isso pode ser explicado pela própria natureza do modelo PT, que utiliza o saldo de radiação como parâmetro de entrada. O saldo de radiação apresenta grande influência na ET_0 , diferente do modelo de HS, que tem como principais parâmetros de entrada a temperatura máxima e mínima, parâmetros que, sozinhos, tem baixa correlação com a ET_0 .

Como pode ser observado na **figura 3**, a raiz do erro quadrático médio (RMSE) antes da correção apresentou valor de 0,559 mm.dia⁻¹ para PT e 1,321 mm.dia⁻¹ para HS e, após a correção, estes valores diminuíram para 0,442 mm.dia⁻¹ para PT e 0,97 mm.dia⁻¹ para HS, mostrando aumento na exatidão dos modelos corrigidos para Paracatu-MG.

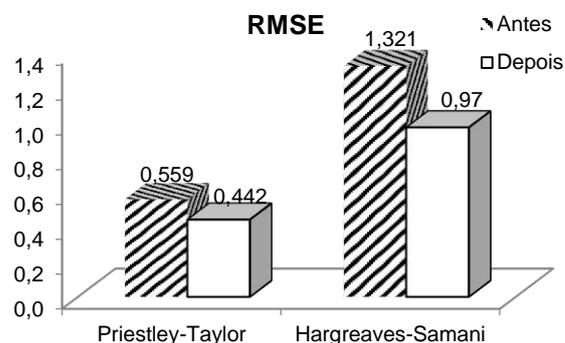


Figura 3. RMSE para os modelos antes e após a correção da estimativa de ET_0 .

Pode-se observar através do EMA que, para ambos modelos, a magnitude dos erros diminuiu em mais de 20% após a calibração (**Figura 4**).



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

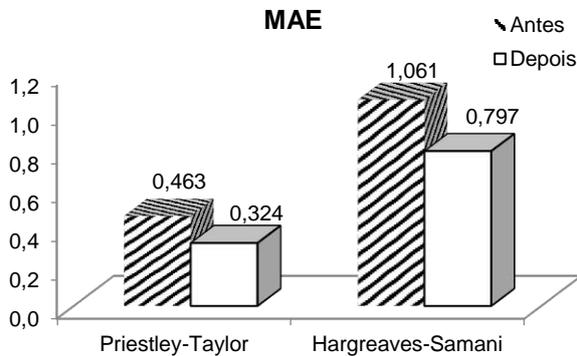


Figura 4. Erro médio absoluto para os dados antes e após a correção da estimativa de ET_0 .

Na **Figura 5** são apresentados os coeficientes de Nash-Sutcliffe para os dados antes e após a correção da estimativa de ET_0 . Segundo Collischonn (2001), o modelo de PT passou de aceitável para bom e adequado. O modelo de HS que antes apresentava um valor negativo, não sendo mais representativo do que a média de todas suas estimativas (Jain & Sudheer, 2008), apresenta um ajuste mais adequado após sua calibração.

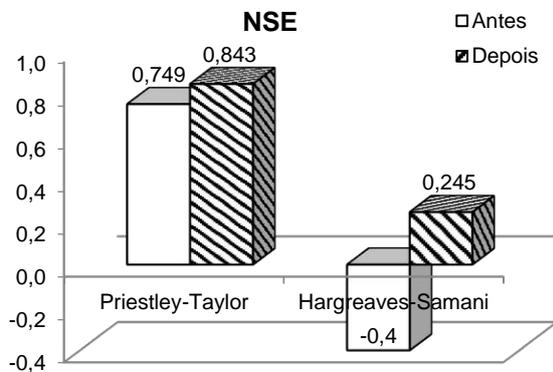


Figura 5. Coeficiente de Nash-Sutcliffe para os dados antes e após a correção da estimativa de ET_0

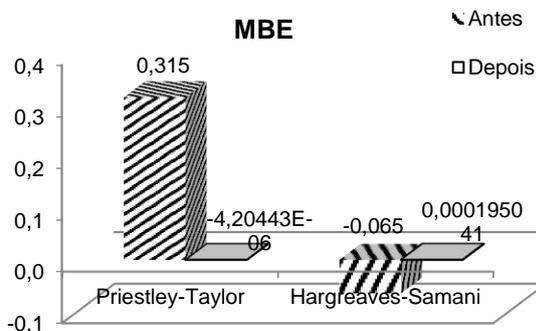


Figura 6. Desvio das médias para os dados antes e após a correção da estimativa de ET_0 .

Na **Figura 6** podem-se observar os desvios das médias antes e depois da correção das equações. Previamente à calibração, o modelo de PT, em média, subestimava a ET_0 , enquanto HS fazia uma pequena superestimação, o que não acontece após a calibração, uma vez que a média dos desvios se tornou próxima a 0.

CONCLUSÕES

A calibração proporcionou melhor desempenho aos modelos e redução dos erros médios, tornando os métodos de Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor mais adequados para estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Paracatu-MG.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) - Applications. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 133, p. 395-406, 2007.

ARAÚJO, A. L.; SILVA, T. M.; SILVA, B. B.; SANTOS, C. A. C.; AMORIM, M. R. B. Modelagem Simplificada Para Estimativa do Balanço de Energia à Superfície em Escala Regional (R-SSEB). **Revista brasileira de meteorologia**, v.32, n.3, 2017.

COLLISCHONN, W. **Simulação hidrológica de grandes bacias**. Porto Alegre. 194 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Instituto de Pesquisa Hidráulica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B.; FEITOSA R. L.; PAZ E AMORIM, A. O. Regional and local calibration of Hargreaves equation for estimating reference evapotranspiration. **Revista Ciência Agrônômica**, v.43, n.2, p. 246-255, 2012.

JAIN., S. K.; SUDHEER., K. P. Fitting of Hydrologic Models: A Close Look at the Nash Sutcliffe Index. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 13, no. 10, 2008.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Handbuch Der Klimatologie**. Vol. 3. 1. Gebrüder Borntraeger Berlin, Germany, 1930.

LIMA JUNIOR, J. C.; ARRAES, F. D. D.; OLIVEIRA, J. B.; DO NASCIMENTO, F. A. L.; MACÊDO, K. G. Defining parameters for the Hargreaves-Samani equation for estimating reference evapotranspiration in the State of Ceará, Brazil. **Revista Ciência Agrônômica**, v.47, n.3, p. 447-454, 2016.

SILVA, B.B.; BEZERRA, M.V. C. Determinação dos fluxos de calor sensível e latente na superfície utilizando imagens TM - Landsat 5. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 14, p. 174-186, 2006.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA A ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DA CIDADE DE CUIABÁ-MT

Caio Vieira de Moraes¹, Élvis da Silva Alves², Patrick Ágton de Olivera³, Gustavo Henrique da Silva², Filliph Gomes Palma³, Matheus Pereira Gomes Raimundi³, Gustavo Berger Schaeffer³, Igor Boninsenha¹, Helizani Couto Bazame², Daniel Althoff², Fernando França da Cunha⁴

¹Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail: caio.morais95@gmail.com, iboninsenh@gmail.com; ²Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: elvistv@gmail.com, dasilva.h.gustavo@gmail.com, helizanicouto@gmail.com, daniel_althoff@hotmail.com; ³Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: patrick.agton@ufv.br, filliph.palma@gmail.com, matheuspg@gmail.com, gustavo.schaeffer@ufv.br; ⁴Docente Departamento de Engenharia Agrícola-UFV. E-mail: dacunhaff@gmail.com

RESUMO: A determinação da evapotranspiração de referência em uma dada região é de suma importância para gerar valores exatos de lâmina de irrigação a ser aplicada em uma cultura, ocasionando por consequência um uso mais responsável da água. Utilizando dos dados disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, este trabalho tem como objetivo comparar os métodos de Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani em relação ao método de Penman-Monteith. Método esse mais preciso para determinação da evapotranspiração de referência (ET_0) devido ao fato da mesma apresentar um volume maior de variáveis. Assim foi observado através de regressão linear que a equação Priestley-Taylor apresenta valores mais próximos do método de Penman-Monteith, enquanto o método Hargreaves-Samani fornece valores com maior disparidade.

Palavras-Chave: ajuste, estatísticos, coeficientes, meteorológicos, métodos

INTRODUÇÃO

Devido a necessidade de um uso mais responsável da água em atividades agrícolas e conseqüentemente a aplicação de uma lâmina condizente com as necessidades da cultura. A eficiência de irrigação, obtida através da razão entre a quantidade de água efetivamente empregada na cultura e a quantidade captada da fonte, no âmbito mundial, é ainda muito baixa, situando-se, em termos médios, em torno de 37 % (CHRISTOFIDIS, et al; 1999).

Assim, definir coeficientes de ajuste para a cidade de Cuiabá para os métodos de estimativa de

evapotranspiração propostos por Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani comparando com o método padrão Penman Monteith – (FAO 56) (JUNIOR et al., 2011) por este método apresentar um maior número de variáveis e informações necessárias para estimar os valores reconhecidamente mais precisos se comparado aos outros métodos existentes.

O uso dos métodos menos precisos para a determinação da ET_0 se justifica pela maior facilidade da coleta dos dados para chegar a informação final, reduzindo assim o tempo e os custos para essa determinação para fins de produção agrícola.

Diante do exposto, objetivou-se estudar a proximidade dos métodos de determinação de ET_0 para a cidade de Cuiabá-MT.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados climáticos foram obtidos da estação meteorológica de Cuiabá-MT (15°33'33"S; 56°3'46"W) disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). Foram calculadas as evapotranspirações de referência pelos métodos de Penman Monteith, Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani utilizando o software Clima® do IAPAR e posteriormente plotados em gráficos para encontrar a correlação linear entre eles, após isto, os dados da estimativa obtidos pelas equações de Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani foram corrigidos para posterior utilização.

As avaliações estatísticas foram realizadas com base em diferentes índices estatísticos que apresentam diferentes funções de avaliações. O índice R^2 indica o poder preditivo da sua reta de regressão associada entre duas variáveis, muitas vezes não é o mais ideal, pois algumas variáveis não



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

têm comportamento linear.

O RMSE fornece uma medida da magnitude média do erro através da diferença quadrática entre os dados estimados e observados, o MAE fornece um valor médio dos erros absolutos, ambas variam de 0 a $+\infty$ e quantificam o erro com as mesmas unidades da variável original, o RMSE dá um peso relativamente alto aos grandes erros evidenciando a presença de outliers, útil quando grandes erros são particularmente indesejáveis (WILKS & TOTALBOOX, 2011; WILKS, 2011; WILLMOTT & MATSUURA, 2005).

O MBE é indicando para visualizar as tendências de subestimativas ou superestimativas, o NSE é usado para avaliar o poder preditivo do modelo, variar entre $-\infty$ e 1, e 1 corresponde o ajuste perfeito entre os dados estimados pelo modelo com os dados medidos (MORIASI et al., 2007; WILLMOTT, 1982).

Em que: RMSE – erro médio quadrático, mm dia⁻¹; NSE – eficiência de Nash-Sutcliffe; MAE – erro médio absoluto, mm dia⁻¹; MBE – erro viés médio, mm dia⁻¹; r – coeficiente de correlação de Pearson.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análise estatística, foram obtidos os seguintes dados representado nas **figuras 1A, 1B, 1C, 1D e 1E** a seguir:

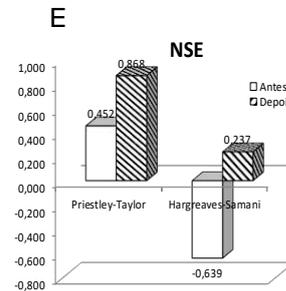
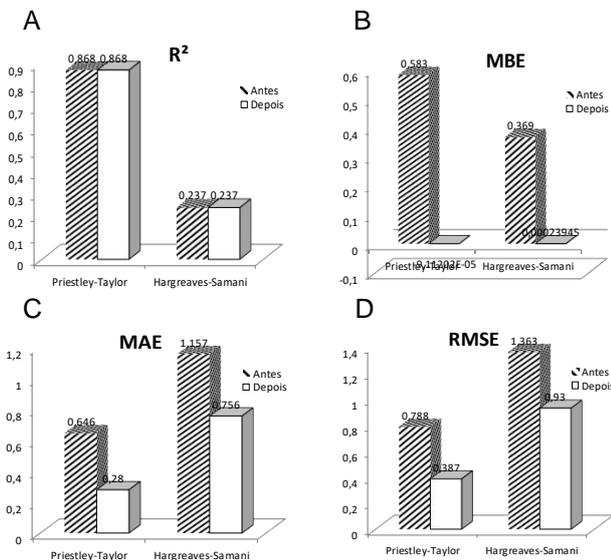


Figura 1. Coeficiente de correlação de Pearson (A), erro viés médio (B), erro médio absoluto (C), erro médio quadrático (D) e eficiência de Nash-Sutcliffe (E) para os métodos alternativos em relação ao método de Penman-Monteith-FAO antes e após a calibração.

No gráfico (a) nota-se os valores obtidos pela correlação linear entre os valores obtidos pelo método de Priestley-Taylor e Penman Monteith com valores de 0,868, mostrando uma alta correlação entre os valores, porém nota-se também a correlação de 0,237 entre Hargreaves-Samani, e o método padrão, assim quase não houve relação entre os valores de ET_0 . Nota-se também nesse gráfico que os valores de R^2 não alteraram após o ajuste, este fato ocorre porque o ajuste altera somente a posição da reta, e o seu coeficiente angular (**Figura 2**).

Pode-se notar no gráfico D que após o ajuste os valores que eram superestimados pela equação de Priestley-Taylor diminuíram em 0,416 mm, enquanto os valores obtidos pelo método Hargreaves-Samani que subestimavam os valores em 0,369 mm, passaram a superestimar em $9,11 \times 10^5$ mm.

Após os ajustes que os valores se do gráfico (c) NSE aproximaram de 1 que corresponde ao ajuste perfeito entre os dados, verificando que os valores do método de Priestley-Taylor aproximaram-se mais ao padrão antes e depois do ajuste com valores de 0,452 antes e 0,868 depois, e o método de Hargreaves-Samani obteve 0,639 antes do ajuste e 0,237 depois.

Os gráficos (d) e (e) mostram a diminuição do erro em ambos métodos após o ajuste, no gráfico (d) uma diminuição entre a diferença quadrática entre o esperado (método de Penman Monteith) e o observado (métodos de Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani) e no gráfico (e) uma diminuição do erro absoluto de 0,416 no método de Priestley-Taylor e 0,402 no método de Hargreaves-Samani.

Apesar de ser mais preciso o modelo padrão da FAO apresenta em muitos casos limitações para o uso agrícola devido a necessidade de uma grande quantidade de dados, que por consequência aumentam os valores e o conhecimento técnico para as operações no campo. Para mitigar esses



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

problemas o método Hargreaves-Samani precisa passar por uma calibração. Como o mesmo necessita apenas de informações de temperatura mínima e máxima da região torna-se mais precisa e econômica o conhecimento da lâmina de irrigação a ser aplicada pelos produtores após a calibração.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin American Meteorological Society**, v. 30, p. 1309–1310, 1982.

MORIASI, D. N. et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Transactions of the ASABE**, v. 50, n. 3, p. 885–900, 2007.

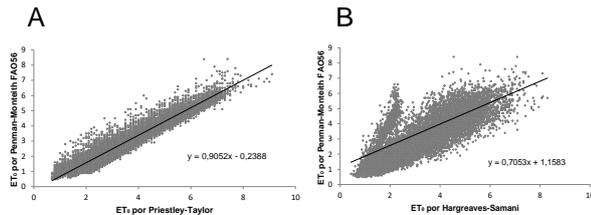


Figura 2. Proximidade dos valores obtidos nos métodos PT (A) e HS (B) em relação ao método PM

Os gráficos acima apresentam de forma clara a proximidade entre os valores obtidos entre os diferentes métodos empregados.

CONCLUSÕES

O método de determinação de ET_0 de Priestley-Taylor se aproxima mais do valor determinado pelo método de Penman Monteith do que o de Hargreaves-Samani.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro, e aos membros do GESAI.

REFERÊNCIAS

ANA. **Política Nacional de Irrigação impulsiona emissão de outorgas**. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2014/01/politica-nacional-de-irrigacao-impulsiona-emissao-de-outorgas>. Acesso em: 2 nov. 2017.

CHRISTOFIDIS, D. **Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos**. *Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília*: ABID, n.54, p. 46-55, 2002.

JUNIOR, E. G. C. et al. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semi árido Nordeste. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. Supl, p. 1699–1708, 6 dez. 2011.

WILKS, D. S.; TOTALBOOX; TBX. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. [s.l.] Elsevier Science, 2011.

WILLMOTT, C.; MATSUURA, K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. **Climate Research**, v. 30, p. 79–82, 2005.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA NOS ÚLTIMOS 55 ANOS EM VIÇOSA-MG

Igor Lopes de Faria¹, Rafael Gomes Martins², Santos Henrique Brant Dias³, Élvis da Silva Alves⁴, Caio Vieira de Moraes⁵, Francisco Cássio Gomes Alvino⁶, Gustavo Henrique da Silva⁷, Filliph Gomes Palma⁸, Matheus Pereira Gomes Raimundi⁹, Gustavo Berger Schaeffer¹⁰

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: igorbenks@gmail.com; ²Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: rgomesmartins1@gmail.com; ³Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: santosdiasagro@gmail.com; ⁴Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: elvistv@gmail.com; ⁵Discente de graduação em Agronomia - UFV. E-mail: caio.morais95@gmail.com; ⁶Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: cassioalvino@hotmail.com; ⁷Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: dasilva.h.gustavo@gmail.com; ⁸Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental. E-mail: filliph.palma@gmail.com; ⁹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: matheuspg@gmail.com; ¹⁰Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: gustavo.schaeffer@ufv.br

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo a avaliação da influência da temperatura e umidade relativa na escassez hídrica de Viçosa-MG. Utilizou-se dados da estação meteorológica convencional do município, extraídos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, do Instituto Nacional de Meteorologia, referentes ao período de 1961 a 2016, e comparou-se dados de temperaturas médias anuais máxima e mínima e de umidade relativa da série histórica com os dos anos de escassez. Os resultados obtidos mostraram que a tendência e comparação dos dados possui elevada relação com a escassez hídrica enfrentada pelo município. Observou-se aumento das temperaturas médias anuais máxima e mínima, tanto quanto uma diminuição da umidade relativa média anual nos anos de escassez em comparação com a série histórica.

Palavras-Chave: variabilidade da umidade relativa, variabilidade da temperatura, precipitação, escassez hídrica.

INTRODUÇÃO

A falta de chuvas tem conduzido o Brasil e, em particular, a região Sudeste, a uma situação complexa. A crise hídrica presenciada nesta região traz sérias consequências econômicas e sociais para a população em vários campos, como na geração de energia elétrica, no abastecimento das cidades, e na agricultura (CERQUEIRA et al., 2015). O município de Viçosa-MG, enfrenta, durante os últimos anos, sérios problemas com relação a escassez hídrica.

Viçosa está situada na Zona da Mata de Minas Gerais, mais especificamente entre as Serras da Mantiqueira, do Caparaó e da Piedade (IBGE,

2017). Por ser uma cidade essencialmente vocacionada para a educação, sua economia é baseada no setor de serviços. Devido a notória população flutuante da cidade, relativa aos estudantes dos polos educacionais, com destaque para a Universidade Federal de Viçosa, a expansão urbana ocorreu de modo desgovernado, ocasionando adensamento e saturação das regiões centrais.

O município enfrenta problemas de drenagem pluvial, supressão dos cursos d'água e no sistema de esgotos e abastecimento, agravando, ainda mais, a escassez hídrica enfrentada pela população, o que gerou a queda dos níveis dos reservatórios de abastecimento da cidade.

Sabe-se que a observação da distribuição das temperaturas e umidade relativa, durante um longo período, coloca em evidência as irregularidades do ritmo climático atual, pois permite constatar períodos muito chuvosos revezando-se com outros de severa estiagem (ZAVATTINI, 2009).

O presente trabalho tem por objetivo apresentar os principais estudos sobre a variabilidade climática do município de Viçosa, especialmente os que procuram identificar a variação das temperaturas máxima e mínima e da umidade relativa, e como estes fatores influenciam na escassez hídrica enfrentada pelo município.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo, utilizou-se dados meteorológicos da estação meteorológica convencional do município de Viçosa-MG (20° 45' 14" S; 42° 52' 55" O), a 712,2 m de altitude, referente às temperaturas mínima e máxima diária



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

do ar e umidade relativa, pertencente ao Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes ao período de 1961 a 2016.

De acordo com a classificação de Köppen, seu clima é do tipo Cwa - clima tropical de altitude com verão chuvoso e temperaturas amenas. Sua característica mais marcante é a brusca oscilação diária de temperatura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Figura 1**, é apresentada a variação da temperatura máxima média anual referente ao período de 1961 a 2016.

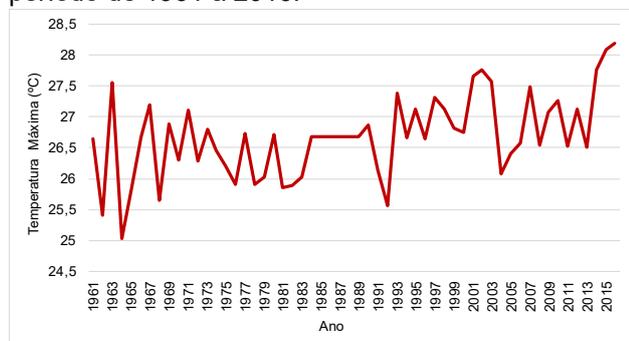


Figura 1. Variação da temperatura máxima média anual no período de 1961 a 2016.

Na **Figura 2**, é apresentada a variação da temperatura mínima média anual referente ao período de 1961 a 2016.

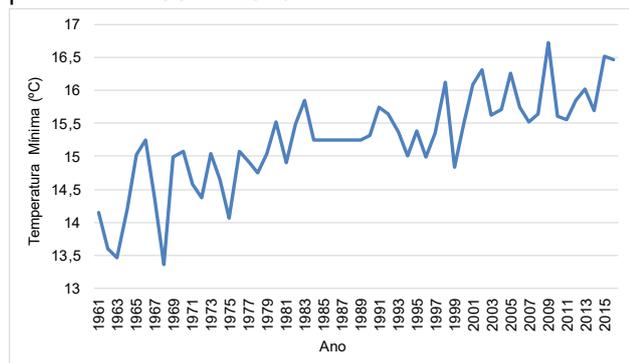


Figura 2. Variação da temperatura mínima média anual no período de 1961 a 2016.

De acordo com **Figuras 1 e 2**, percebe-se uma grande variação temporal das temperaturas médias mínima e máxima observadas na estação de Viçosa-MG, provavelmente devido aos eventos “El Niño” e “La Niña”, conforme afirmado por Bezerra; Trindade (2010). Entretanto, observa-se uma tendência crescente de ambas as curvas, resultando em aumento das temperaturas médias mínimas e máximas da série histórica.

Nos anos caracterizados pela escassez hídrica (2014 a 2016), período que começou os racionamentos de água, observa-se uma alta taxa de crescimento das curvas de temperaturas médias mínima e máxima (**Figuras 1 e 2**), avaliadas, paulatinamente, pela alta das taxas de crescimento e concentração de CO₂ na atmosfera terrestre.

Na **Figura 3**, é apresentada a variação da umidade relativa média anual referente ao período de 1961 a 2016.

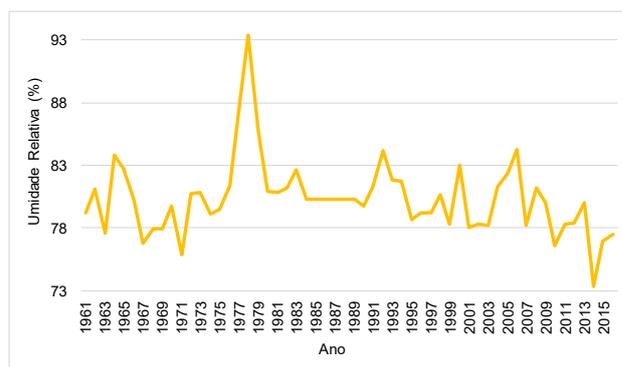


Figura 3. Variação da umidade relativa média anual no período de 1961 a 2016.

Analisando a **Figura 3**, observa-se a mesma tendência das **Figuras 1 e 2**, apresentando grande variação temporal da umidade relativa no período de 1961 a 2016, logo, também tomando como análise os anos de escassez hídrica (2014 a 2016), observa-se uma diminuição da umidade relativa média anual da localidade.

Uma vez que a temperatura é aumentada, a pressão de saturação do ar aumenta, então a diferença entre a pressão de vapor saturado (e_s) e a pressão de vapor (e_a) também é aumentada, e por consequência, reduz-se a umidade relativa, ocorrendo a redução do volume de água presente na massa de ar atmosférico. O ano de 1978 apresenta um pico máximo de umidade relativa.

Na **Tabela 1**, são apresentados os dados médios mensais de temperatura do ar (máxima e mínima) e de umidade relativa do ano de 2016.

Tabela 1. Temperatura média mensal máxima (T_{máx}), mínima (T_{mín}) e umidade relativa (UR) do ano de 2016.

Mês	T _{máx} (°C)	T _{mín} (°C)	UR (%)
Janeiro	28,73	19,59	82,00
Fevereiro	31,35	19,32	76,93
Março	29,61	19,15	81,05
Abril	30,25	17,01	76,12
Mai	26,29	14,95	81,06
Junho	23,80	12,95	84,71
Julho	25,74	12,31	79,54
Agosto	27,51	12,61	69,24
Setembro	29,29	15,50	69,83
Outubro	27,79	17,55	74,43
Novembro	28,33	18,34	77,24
Dezembro	29,83	18,41	78,16
Anual	28,20	16,46	77,53



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Na **Tabela 2**, são apresentados os dados médios mensais de temperatura do ar (máxima e mínima) e da umidade relativa da série histórica (1961 a 2016).

Tabela 2. Temperatura média mensal máxima (T_{máx}), mínima (T_{mín}) e umidade relativa (UR) da série histórica (1961 a 2016).

Mês	T _{máx} (°C)	T _{mín} (°C)	UR (%)
Janeiro	28,57	18,47	81,06
Fevereiro	29,28	18,37	79,87
Março	28,57	17,92	82,19
Abril	26,98	16,13	82,82
Mai	24,93	13,08	83,69
Junho	24,05	11,20	84,03
Julho	24,03	10,76	81,61
Agosto	25,64	11,40	75,85
Setembro	26,31	13,79	73,88
Outubro	26,96	16,21	76,69
Novembro	27,12	17,52	80,36
Dezembro	27,89	18,33	82,06
Anual	26,70	15,26	80,34

A comparação das **Tabelas 1 e 2**, corrobora a análise da influência da temperatura e umidade relativa na escassez hídrica de Viçosa. O ano de 2016 foi marcado por uma severa escassez hídrica no município, logo, suas temperaturas médias máxima e mínima foram superiores as mesmas temperaturas médias máxima e mínima da série histórica (de 1961 a 2016), majoritariamente em todos os meses.

Os valores de umidade relativa do ano de 2016 foram menores que os valores de umidade relativa da mesma série histórica, majoritariamente em todos os meses.

Consequentemente, tem-se que as temperaturas médias máxima anual e mínima anual da série histórica são menores que as temperaturas médias máxima anual e mínima anual do ano de 2016; e que a umidade relativa média anual de 2016 é menor do que a umidade relativa média anual da série histórica.

CONCLUSÕES

Nos anos de escassez hídrica, há uma maior taxa de crescimento das curvas de temperaturas médias máxima e mínima e uma maior taxa de decréscimo da umidade relativa, corroborado pelo aumento e diminuição destes parâmetros, respectivamente, comparados com a série histórica. Logo, ambos os parâmetros tiveram influência direta na escassez hídrica de Viçosa-MG no período analisado.

AGRADECIMENTOS

Ao GESAI que contribuiu para a realização deste trabalho. Ao CNPq, CAPES e ao Programa de Educação Tutorial (PET), através SESu/MEC pelas bolsas concedidas ao autor e coautores do trabalho.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, R. B.; TRINDADE, A. G. Caracterização de parâmetros pluviométricos, térmicos do balanço hídrico climatológico e desmatamento de Porto Velho-RO. **GEOGRAFIA (Londrina)**, v. 15, n. 1, p. 65–80, 2010.

CERQUEIRA, G. A. et al. A Crise Hídrica e suas Consequências. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, abril/2015 (**Boletim Legislativo nº 27, de 2015**). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em 02 de novembro de 2017.

ZAVATTINI, J. A. **As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática**. São Paulo: SciELO Books - Editora UNESP, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área territorial oficial. Resolução da Presidência do IBGE de nº 5 (R.PR-5/02), 2017. Disponível em: < <https://goo.gl/VEUFPo> >. Acesso em 2 de novembro de 2017.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

COBERTURA DO SOLO PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA

Gustavo Henrique da Silva¹, Caio Vieira de Moraes², Fernando França da Cunha³, Igor Boninsenha², Rafael Gomes Martins¹, Filliph Gomes Palma⁴, Santos Henrique Brant Dias¹, Patrick Ágton de Oliveira⁴, Igor Lopes de Faria⁴, Agnaldo Roberto de Jesus Freitas⁵, Silvio Bueno Pereira³, Derly José Henriques da Silva³, Caetano Marciano de Souza³

¹Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: dasilva.h.gustavo@gmail.com, santosdiasagro@gmail.com, rgomesmartins1@gmail.com; ²Discente de graduação Agronomia - UFV. E-mail: caio.morais95@gmail.com; ³Professor do Curso de Agronomia - UFV. e-mail: fernando.cunha@ufv.br, silviopereira@ufv.br, derly@ufv.br, cmsouza@ufv.br; ⁴Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: iboninsenhal@gmail.com, filliph.palma@gmail.com, patrick.agton@ufv.br, igorbenks@gmail.com; ⁵Discente de pós-graduação em Fitotecnia - UFV. e-mail: agnaldohu@gmail.com

RESUMO: A cobertura do solo é utilizada, dentre vários motivos, para a economia de água. No entanto, são gerados grandes quantidades de resíduos plásticos, pois o polietileno é o material mais utilizado. Neste sentido, a busca por outros materiais possui grande importância. Objetivou-se estudar os efeitos de diferentes tipos de coberturas de solo sobre a eficiência no uso da água da abobrinha irrigada com dois perfis de molhamento. O experimento foi realizado na Horta Velha de Pesquisa da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG entre 18/08/2017 e 31/10/2017. A cultura adotada foi a abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) cultivar PX7051 e o cultivo foi realizado a céu aberto. O delineamento estatístico adotado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 4x2 (quatro coberturas do solo e dois perfis de molhamento) com seis repetições. As coberturas estudadas foram filme plástico de polietileno preto e branco e papel reciclado. Como testemunha houve um tratamento sem cobertura. Foi avaliado a eficiência no uso da água em kg m⁻³. Foi observado efeito significativo somente para a cobertura do solo. Os tratamentos com cobertura do solo de polietileno foram os mais eficientes no uso da água e equiparam entre si estatisticamente. O tratamento com papel reciclado foi o segundo mais eficiente e o tratamento testemunha foi o menos eficiente. Em média, as coberturas do solo economizaram 30% de água. As coberturas do solo estudadas podem ser usadas, principalmente onde há escassez de água.

Palavras-Chave: *Cucurbita pepo* L., economia de água, papel reciclado, polietileno

INTRODUÇÃO

A cobertura do solo favorece o desenvolvimento das culturas por controlar as plantas daninhas por meio da supressão (Tonin et al., 2017), reduzir a amplitude da temperatura do solo e até mesmo elevar ou diminuir, dependendo da coloração (Yaghi et al. 2013) e principalmente reduzir a lâmina de irrigação, pela redução da evaporação de água (Yaghi et al. 2013; Allen et al., 2006). Além destes, a cobertura do solo evita o contato entre o fruto e o solo, aumentando sua qualidade e diminuindo as perdas. Estes efeitos somados aumentam a produtividade das culturas, por isso sua adesão tem se tornado frequente.

A eficiência no uso da água é uma importante característica agrônômica que avalia a eficiência do sistema de produção em produzir com o menor consumo de água. Se torna importante esta informação, principalmente, onde a água é limitante, como em regiões áridas e semiáridas. Ainda mais sabendo que a agricultura irrigada utiliza em torno de 75% da água disponível no Brasil (ANA, 2016).

A cobertura do solo sintética mais utilizada é o filme plástico de polietileno. A desvantagem deste material é a geração de resíduos, principalmente no solo. Neste contexto, a adoção de materiais biodegradáveis, como a celulose, é de suma importância, principalmente para ótica ambiental. Contudo, são escassas as pesquisas que demonstrem o potencial destes materiais, ainda mais se tratando dos quesitos resistência mecânica e durabilidade diante das plantas daninhas.

O sistema de irrigação por gotejamento a água eflui pelos emissores e se propaga de maneira tridimensional pelo solo formando um bulbo molhado. O formato deste bulbo depende da taxa de infiltração de água no solo, profundidade do sistema radicular da cultura e da vazão do emissor.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Sob cobertura do solo, não se conhece muito bem o comportamento das raízes. Ou seja, se há um maior crescimento vertical ou horizontal. Diante do exposto, objetivou-se estudar os efeitos de diferentes tipos de coberturas de solo sobre a eficiência no uso da água da abobrinha irrigada com dois perfis de molhamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado na Horta Velha de Pesquisa da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG (20° 45' 14" S, 42° 52' 53" O e 649 m), entre 18/08/2017 a 31/10/2017. A cultura adotada foi a abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) cultivar PX7051 e o cultivo foi realizado a campo.

O delineamento estatístico adotado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 4x2 (quatro coberturas de solo e dois perfis de molhamento) com seis repetições. A unidade experimental foi composta por três linhas de plantas de 3,0 m contendo 6 plantas cada uma. Adotou-se como útil somente a linha central para evitar interferência dos tratamentos adjacentes.

As coberturas do solo estudadas foram filme plástico de polietileno preto (PR) e branco (BR) com espessura de 25 µm e papel reciclado (PA) com espessura de 40 µm. Como testemunha houve um tratamento sem cobertura (N). As coberturas ocuparam, aproximadamente, 70% da superfície do solo. Nas coberturas foram feitos orifícios de 7 cm de diâmetro para inserção e crescimento da planta. A semeadura foi realizada diretamente no campo em 18/08/2017 e as falhas foram corrigidas com mudas preparadas em bandejas com células de 50 cm³. O espaçamento adotado entre linhas e plantas foi de 1,0 por 0,5 m.

Os perfis de molhamento estabelecidos pelo sistema de irrigação proporcionaram uma área molhada de 50 (P1) e 70% (P2). Para isto, as fitas gotejadoras operaram com intensidade de aplicação de 4,57 e 21,22 mm/h e coeficientes de distribuição de 85,95 e 91,42%, respectivamente. As lâminas de irrigação aplicadas estão descritas na **tabela 1**.

Tabela 1. Lamina aplicada em mm. UFV, 2017.

Área Molhada	Cobertura do solo			
	BR	PR	PA	N
P1	181	177	192	250
P2	178	184	194	280

A lâmina de irrigação foi determinada com base na metodologia de Allen et al. (2006) em que se calculou a evapotranspiração da cultura com base nas variáveis climáticas obtidas de uma estação

agrometeorológica modelo E500. Para melhor controle da irrigação foram coletadas amostras de solo semanalmente para obtenção da umidade pelo método padrão de estufa para correção da lâmina (Bernardo et al., 2006).

As propriedades físico-hídricas e químicas do solo apresentaram os seguintes valores: capacidade de campo: 55,6 m³ m⁻³; ponto de murcha: 37,8 m³ m⁻³; pH em H₂O: 5,8; P: 87,8 mg dm⁻³; K: 152 mg dm⁻³; Ca⁺²: 4,2 cmol_c dm⁻³; Mg⁺²: 0,9 cmol_c dm⁻³; H + Al: 0,9 cmol_c dm⁻³; V: 61%; CTC potencial: 9,0 cmol_c dm⁻³; MO: 3,22 dag dm⁻³. As correções químicas foram baseadas nas recomendações de Trani et al. (2014).

Foi avaliada a eficiência no uso da água (EUA) na ótica agrônômica em kg m⁻³. A EUA representa o quociente entre a produtividade e o volume de água aplicado por hectare (Nair et al., 2013).

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância e posteriormente feito a comparação de médias pelo teste de Skott-Knott a 0,05 de probabilidade com auxílio do programa estatístico R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância não houve efeito significativo para a interação entre os fatores cobertura do solo e área molhada para a variável analisada. Somente observou efeito significativo para o fator cobertura do solo separadamente (**Tabela 2**).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para eficiência no uso da água (EUA). UFV, 2017.

Fonte de Variação	Quadrado Médio
Bloco	47,78 ^{ns}
Cobertura	1856,68 ^{**}
Área molhada	0,02 ^{ns}
Cobertura* Área molhada	142,42 ^{ns}
Resíduo	76,99
CV (%)	17,95

** e ^{ns}: Significativo e não significativo pelo teste F (p<0,05).

Os tratamentos com cobertura do solo de polietileno (BR e PR) foram os mais eficientes no uso da água e equipararam entre si estatisticamente. O tratamento PA foi o segundo mais eficiente e o tratamento testemunha (N) foi o menos eficiente. Foi observado ainda que o valor de EUA no tratamento testemunha representou quase metade do valor encontrado no tratamento BR (**Tabela 3**). Esta mesma observação também foi



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

constatada por Gu et al. (2017) em *Brassica napus* L. ao estudar diversas coberturas.

Tabela 3. Teste de médias para eficiência no uso da água (EUA) em kg m⁻³ em relação as coberturas do solo. UFV, 2017.

Cobertura	BR	PR	PA	N
Média	60,70 a	54,84 a	48,06 b	31,90 c

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si para o teste Skott-Knott ($P < 0,05$).

Como a cobertura de papel reciclado é constituída de um material permeável a água, provavelmente, isto tenha permitido um perda de água do solo para a atmosfera. E como consequência, a lâmina de irrigação requerida foi maior para suprir este déficit.

Os tratamentos que receberam a cobertura do solo necessitaram de uma lâmina de irrigação em média 30% menor em relação a testemunha, provavelmente por conta da redução da evaporação da água do solo. Neste sentido, o uso de cobertura do solo em regiões áridas ou semiáridas se torna uma excelente estratégia para produção agrícola (Bu et al., 2013; Liu et al., 2010; Yang et al., 2014). Ainda mais que estas regiões ocupam, aproximadamente, 45% da superfície dos continentes e são indispensáveis para a produção de alimentos (Schimel, 2010).

CONCLUSÕES

A eficiência no uso da água pela abobrinha foi maior nos tratamentos com cobertura do solo de polietileno.

O cultivo da abobrinha sem nenhum tipo de cobertura resulta em menor eficiência no uso da água.

Ambas as coberturas plásticas (branca e preta) do solo estudadas podem ser recomendadas para aumentar a eficiência no uso da água pela abobrinha.

A economia de água pela abobrinha com o uso das coberturas do solo foi, em média, 30%.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro, à Universidade Federal de Viçosa por disponibilizarem a estrutura utilizado no experimento e aos membros do GESAI e funcionários que auxiliaram na execução das atividades. À Pretoisa Irrigação pela doação dos materiais de irrigação.

REFERÊNCIAS

ANA - **Agencia Nacional de Águas**. Disponível em <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf>>. Acessado em 09 de novembro de 2017.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo**: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: Estudio FAO Riego y Drenaje 56, 2006. 323p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8.ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 625p.

BU, L. D.; LIU, J. L.; ZHU, L.; LUO, S. S.; CHEN, X. P.; LI, S. Q.; ZHAO, Y. The effects of mulching on maize growth, yield and water use in a semi-arid region. **Agricultural Water Management**, v. 123, p. 71-78, 2013.

LIU, Y.; LI, S.; CHEN, F.; YANG, S.; CHEN, X. Soil water dynamics and water use efficiency in spring maize (*Zea mays* L.) fields subjected to different water management practices on the Loess Plateau, China. **Agricultural Water Management**, v. 97, p. 769-775, 2010.

NAIR, S.; JOHNSON, J.; WANG, C. Efficiency of irrigation water use: a review from the perspectives of multiple disciplines. **Agronomy Journal**, v. 105, p. 351-363, 2013.

SCHIMEL, D. S. Drylands in the earth system. **Science**, v. 327, p. 418-419, 2010.

TONIN, J.; MACHADO, J. T. M.; SOBUCKI, L.; BENATI, J. A.; ROHRIG, B.; SCHNEIDER, E. P. Controle de plantas daninhas e aspectos produtivos de morangueiro sob diferentes coberturas do solo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, p. 48-53, 2017.

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; ARAÚJO, H. S. **Calagem e adubação da abobrinha italiana (de moita) (Cucurbita pepo), abóbora brasileira (Cucurbita moschata), moranga (Cucurbita pepo), abóbora brasileira (Cucurbita moschata), moranga (Cucurbita maxima) e abóbora japonesa (híbrida)**. Campinas: Instituto agrônomo, centro de horticultura, campinas. 2014. 8p.

YAGHI, T.; ARSLAN, A.; NAOUM, F. Cucumber (*Cucumis sativus*, L.) water use efficiency (WUE) under plastic mulch and drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 128, p. 149-157, 2013.

YANG, N.; SUN, Z. X.; FENG, L. S.; ZHENG, M. Z.; CHI, D. C.; MENG, W. Z.; LI, K. Y. Plastic film mulching for water-efficient agricultural applications and degradable films materials development research. **Materials and Manufacturing Processes**, v. 30, p. 143-154, 2015.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

EFETIVIDADE DE DISTINTAS COBERTURAS DO SOLO NO CONTROLE DAS PLANTAS DANINHAS

Gustavo Henrique da Silva¹, Caio Vieira de Moraes², Fernando França da Cunha³, Jannaylton Éverton Oliveira Santos¹, Santos Henrique Brant Dias¹, Rafael Gomes Paes¹, Francisco Cássio Gomes Alvino¹, Edcássio Dias Araújo¹, Élvis da Silva Alves¹, Agnaldo Roberto de Jesus Freitas⁴, Silvio Bueno Pereira³, Derly José Henriques da Silva³, Caetano Marciano de Souza³

¹Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: dasilva.h.gustavo@gmail.com, jannaylton@gmail.com, santosdiasagro@gmail.com, rafael.gpaes@gmail.com, agroeda@yahoo.com.br, cassioalvino@hotmail.com, elvistv@gmail.com;

²Discente de graduação em Agronomia - UFV. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. e-mail: caio.morais95@gmail.com; ³Professor do Curso de Agronomia - UFV. e-mail: fernando.cunha@ufv.br, silviopereira@ufv.br, derly@ufv.br, cmsouza@ufv.br; ⁴Discente de pós-graduação em Fitotecnia - UFV. e-mail: agnaldohu@gmail.com

RESUMO: A cobertura de solo proporciona diversas vantagens à cultura, como o controle das plantas daninhas por se tornar um impedimento físico ao crescimento. A cobertura mais utilizada é o polietileno. Que apresenta, como desvantagem, a geração de resíduos que poluem o meio ambiente. Neste sentido, a busca por outros materiais possui grande importância. Objetivou-se estudar os efeitos de diferentes tipos de coberturas de solo na redução de plantas daninhas em dois perfis de molhamento imposto pelo sistema de irrigação por gotejamento. O experimento foi realizado na Horta Velha de Pesquisa da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG entre 18/08/2017 e 31/10/2017. A cultura adotada foi a abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) cultivar PX7051 e o cultivo foi realizado a céu aberto. O delineamento estatístico adotado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 4x2 (quatro coberturas de solo e dois perfis de molhamento) com seis repetições. As coberturas estudadas foram filme plástico de polietileno preto e branco e papel reciclado. Como testemunha houve um tratamento sem cobertura. Foi avaliada a massa seca da parte aérea de plantas daninhas. A secagem ocorreu em estufa a 70 °C por 72 horas. As datas da capina (e coleta) das plantas daninhas foram 13/09/2017 e 28/09/2017. Foi observado efeito significativo somente para a cobertura de solo. O tratamento testemunha, que não recebeu a cobertura de solo, apresentou valor significativamente superior aos demais. Os tratamentos com cobertura do solo equiparam entre si estatisticamente. O papel reciclado mostrou-se efetivo tão quanto o polietileno no controle das plantas daninhas.

Palavras-Chave: área molhada, *Cucurbita pepo* L., manejo físico de invasoras, papel reciclado, polietileno

INTRODUÇÃO

A cobertura do solo favorece o desenvolvimento das culturas por reduzirem a lâmina de irrigação, pela redução da evaporação de água, e a amplitude da temperatura do solo, ou até mesmo elevar ou diminuir, dependendo da coloração (Yaghi et al., 2013). A cobertura do solo pode ainda controlar as plantas daninhas por meio da supressão (Tonin et al., 2017). Além destes, a cobertura evita o contato entre a parte vegetativa aérea e o solo, aumentando sua qualidade e diminuindo as perdas.

As plantas daninhas competem com a cultura por água, luz, nutrientes e espaço (Lorenzi, 2014). Portanto, deve-se realizar as capinas no momento adequado para evitar que a competição prejudique a produtividade da cultura.

A cobertura do solo sintética mais utilizada é o filme de polietileno. A desvantagem deste material é a geração de resíduos, principalmente no solo. Neste contexto, a utilização de materiais que sejam biodegradáveis, como a celulose, é de suma importância, principalmente para ótica ambiental. Contudo, são escassas as pesquisas que demonstrem o potencial destes materiais, ainda mais se tratando dos quesitos resistência mecânica e durabilidade diante das plantas daninhas.

Na irrigação por gotejamento a água eflui pelos emissores e se propaga de maneira tridimensional pelo solo formando um bulbo molhado. O formato deste bulbo depende da taxa de infiltração de água no solo, profundidade do sistema radicular da



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

cultura e da vazão do emissor. Desta forma, espera-se que diferentes vazões dos emissores, por resultarem diferentes áreas molhadas, possam afetar o desenvolvimento da cultura, uma vez que a mesma apresenta sistema radicular raso não retirando água em grandes profundidades. Neste sentido, um melhor desenvolvimento da cultura, principalmente nos estádios iniciais, pode resultar em uma melhor competição com as plantas daninhas.

Diante do exposto, objetivou-se estudar os efeitos de diferentes tipos de coberturas de solo na redução de plantas daninhas em dois perfis de molhamento imposto pelo sistema de irrigação por gotejamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Horta Velha de Pesquisa da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG (20° 45' 14" S, 42° 52' 53" W e 649 m), entre 18/08/2017 a 31/10/2017. A cultura adotada foi a abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) cultivar PX7051 e o cultivo foi realizado a céu aberto.

O delineamento estatístico adotado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 4x2 (quatro coberturas de solo e dois perfis de molhamento) com seis repetições. A unidade experimental foi composta por três linhas de plantas de 3,0 m contendo 6 plantas cada uma. Adotou-se como útil somente a linha central para evitar interferência dos tratamentos adjacentes.

As coberturas estudadas foram filme plástico de polietileno preto (PR) e branco (BR) com espessura de 25 µm e papel reciclado (PA) com espessura de 40 µm. Como testemunha houve um tratamento sem cobertura (N). As coberturas cobriram, aproximadamente, 70% da superfície do solo. Nas coberturas foram feitos orifícios de 7 cm de diâmetro para crescimento da planta. A semeadura foi realizada diretamente no campo em 18/08/2017 e as falhas foram replantadas com mudas feitas em bandejas com células de 50 cm³. O espaçamento adotado foi de 1,0 por 0,5 m.

Os perfis de molhamento impostos pelo sistema de irrigação proporcionaram uma área molhada de 50 (P1) e 70% (P2). Para isto, as fitas gotejadoras operaram com intensidade de aplicação de 4,57 e 21,22 mm h⁻¹ e coeficientes de distribuição de 85,95 e 91,42%, respectivamente. As lâminas aplicadas foram 181 e 178, 177 e 184, 192 e 194 e 250 e 280 mm por ciclo para os tratamentos BR, PR, PA e N nos perfis P1 e P2, respectivamente.

A lâmina de irrigação foi determinada com base na metodologia proposta por Allen et al. (2006). Foi

calculada a evapotranspiração da cultura com base nas variáveis climáticas obtidas a partir de uma estação agrometeorológica modelo E500. Para melhor controle da irrigação foram coletadas amostras de solo semanalmente para obtenção da umidade pelo método padrão de estufa (Bernardo et al., 2006).

As propriedades físico-hídricas e químicas do solo eram capacidade de campo: 55,6 m³ m⁻³; ponto de murcha: 37,8 m³ m⁻³; pH em H₂O: 5,8; P: 87,8 mg dm⁻³; K: 152 mg dm⁻³; Ca⁺²: 4,2 cmol_c dm⁻³; Mg⁺²: 0,9 cmol_c dm⁻³; H + Al: 0,9 cmol_c dm⁻³; V: 61%; CTC potencial: 9,0 cmol_c dm⁻³; MO: 3,22 dag dm⁻³. As correções químicas foram baseadas nas recomendações de Trani et al. (2014).

Foi avaliada a massa seca da parte aérea de plantas daninhas (MS) em g m⁻², sendo que as espécies foram identificadas e quantificadas separadamente. A secagem ocorreu em estufas a 70 °C por 72 horas. Nos tratamentos com cobertura foram coletadas as plantas daninhas que emergiram pelo orifício e as eventuais que furaram a cobertura. As datas da capina (e coleta) das plantas daninhas foram 13/09/2017 e 28/09/2017.

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância e posteriormente feito a comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade com auxílio do programa estatístico R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância não houve efeito significativo para a interação entre os fatores cobertura do solo e vazão para a variável analisada. Somente observou efeito significativo para o fator cobertura do solo isoladamente (**Tabela 1**).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para massa seca de parte aérea de plantas daninhas (MS). UFV, 2017.

Fonte de Variação	Quadrado Médio ¹
Bloco	0,1337 ^{ns}
Cobertura	17,4941 ^{**}
Área molhada	0,1364 ^{ns}
Cobertura*Área molhada	0,4190 ^{ns}
Resíduo	0,2318
CV (%)	34,77

¹: Dados transformados pela equação ln(MS+1). ** e ^{ns}: Significativo e não significativo pelo teste F (p<0,05).

O tratamento testemunha, que não recebeu a cobertura do solo, apresentou o valor de massa seca de plantas daninhas significativamente



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

superior aos demais. Os tratamentos com cobertura do solo equipararam entre si estatisticamente (**Tabela 2**). Nota-se ainda que, a massa seca de plantas daninhas nos tratamentos com cobertura foi em média 15 vezes menor que no tratamento testemunha.

Tabela 2. Teste de médias para massa seca de parte aérea de plantas daninhas (MS) em g m⁻² em relação as coberturas do solo. UFV, 2017.

Cobertura	BR	PR	PA	N
Média	1,50b	0,89b	2,29b	24,46a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Na cultura do morangueiro, o polietileno controlou de forma mais efetiva as plantas daninhas em comparação aos resíduos vegetais testados de pinus e Capim Sudão (Tonin et al., 2017). Freitas et al. (2016) ao estudarem quatro coberturas do solo constituídas de celulose concluíram que todas foram capazes de controlar as plantas daninhas na cultura do alface, se equiparando-as estatisticamente ao polietileno.

Estes resultados evidenciam a efetividade das coberturas de solo no controle das plantas daninhas. Além do mais, revela o potencial do uso do papel reciclado, pois este obteve a mesma efetividade de controle que as demais coberturas (**Tabela 2**).

As espécies de plantas daninhas mais presentes foram *Oxalis latifolia* Kunth, *Cyperus rotundus* L., *Emilia fosbergii* Nicolson, *Amaranthus viridis* L. e *Sorghum halepense* (L.) Pers. Estas espécies representaram em média mais de 90% da matéria seca total.

Vale ressaltar ainda que as espécies mais presentes nos tratamentos com cobertura de solo foram *Oxalis latifolia* Kunth e *Cyperus rotundus* L.. Provavelmente, foi devido à estrutura de reserva destas espécies que forneceu energia suficiente para crescimento das plantas até o orifício da cobertura em busca de luz (Lorenzi, 2014). Já no tratamento sem cobertura de solo, a espécie *Amaranthus viridis* L. juntamente com a *Cyperus rotundus* L. foram dominantes.

O tempo gasto para a capina manual das plantas daninhas foram em média 3,40; 3,34; 3,25 e 6,97 m² por minuto. Nota-se que o tempo gasto no tratamento sem cobertura de solo foi o dobro dos demais. Esta economia de tempo pode dignificar mais tempo dedicado em outras atividades, resultando em economia de mão de obra.

CONCLUSÕES

A efetividade no controle das plantas daninhas pelas coberturas do solo testadas foram semelhantes.

Quando o uso de cobertura do solo for objetivando o controle de plantas daninhas, o papel reciclado deve ser preferido em relação aos polítilenos por ser biodegradável.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro, à Universidade Federal de Viçosa por disponibilizarem a estrutura utilizado no experimento e aos membros do GESAI e funcionários que auxiliaram na execução das atividades. À Pretoisa Irrigação por doarem os materiais de irrigação.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo**: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: Estudio FAO Riego y Drenaje 56, 2006. 323p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8.ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 625p.
- FREITAS, A. R. J.; SOUZA, C. M.; FREITAS, F. C.L.; BEGER, P. G. Uso do papel como cobertura do solo na cultura do alface. In: Simpósio de Integração Acadêmica, 2016, Viçosa - MG. **Anais...** Simpósio de Integração Acadêmica. 2016.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**: plantio direto e convencional. 7.ed. Nova Odessa: Editora Plantarum Ltda, 2014. 299p.
- TONIN, J.; MACHADO, J. T. M.; SOBUCKI, L.; BENATI, J. A., ROHRIG, B.; SCHNEIDER, E. P. Controle de plantas daninhas e aspectos produtivos de morangueiro sob diferentes coberturas do solo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, p. 48-53, 2017.
- TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; ARAÚJO, H. S. **Calagem e adubação da abobrinha italiana (de moita) (Cucurbita pepo), abóbora brasileira (Cucurbita moschata), moranga (Cucurbita pepo), abóbora brasileira (Cucurbita moschata), moranga (Cucurbita maxima) e abóbora japonesa (híbrida)**. Campinas: Instituto agrônomo, centro de horticultura, campinas. 2014. 8p.
- YAGHI, T.; ARSLAN, A.; NAOUM, F. Cucumber (*Cucumis sativus*, L.) water use efficiency (WUE) under plastic mulch and drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 128, p. 149-157, 2013.



DISTRIBUIÇÃO E DEMANDA DE RECURSOS HÍDRICOS PARA PASTAGEM EM BARREIRAS – BA

¹Igor Boninsenha, ²Filliph Gomes Palma, ³Gustavo Henrique da Silva, ²Patrick Ágton de Oliveira, ³Santos Henrique Brant Dias, ¹Caio Vieira de Moraes, ³Rafael Gomes Martins, ²Igor Lopes de Faria, ³Vinicius Mendes Rodrigues de Oliveira, ⁴Catariny Cabral Aleman.

¹Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail: iboninsenha@gmail.com; caio.morais95@gmail.com;

²Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: filliph.palma@gmail.com; patrick.agton@ufv.br; igorbenks@gmail.com;

³Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: dasilva.h.gustavo@gmail.com; santosdiasagro@gmail.com; rgomesmartins1@gmail.com; viniciusmro91@gmail.com;

⁴Docente Departamento de Engenharia Agrícola-UFV. E-mail: catariny@ufv.br;

RESUMO: A água é um fator limitante para o desenvolvimento de culturas, portanto o objetivo do trabalho é avaliar a distribuição de chuvas e simular a demanda hídrica de pastagens para a região de Barreiras-BA. Os dados de seis anos foram coletados da estação meteorológica do INMET, calculando-se a ET_0 por meio da equação de Penman-Monteith FAO 56, e a demanda hídrica das culturas por meio da metodologia GESAI. Constatou-se que nos anos com maiores precipitações a demanda da cultura foi menor do que a precipitação, porém, a sua distribuição durante o ano seria o fator limitante ao desenvolvimento. Nos anos de precipitações baixas e normais, a demanda hídrica foi maior, confirmando que o aporte de irrigação seria vantajoso para o desenvolvimento da pastagem e aumento da produtividade.

Palavras-Chave: Clima, Evapotranspiração de Referência, Manejo de Irrigação.

INTRODUÇÃO

Fornecer alimentos de qualidade e em quantidade suficiente é um fator desafiador para a agricultura brasileira, principalmente por estar sempre sujeita às variáveis climáticas, principalmente a precipitação (PREC) e sua distribuição.

A má distribuição de chuvas sempre foi fator limitante para a produtividade das lavouras, especialmente em regiões de cerrado, onde se tem um período de seca bem definida com variáveis climáticas acentuadas. Nestes locais, o uso da irrigação torna-se indispensável para garantir a boa

produtividade e manutenção de culturas perenes Döll & Hauschild, 2002).

Calculada por meio da equação de Penman-Monteith FAO 56 (Allen, 1998) a Evapotranspiração de Referência (ET_0) é a base para o manejo de irrigação. Utilizando-se também o coeficiente de cultura, a frequência de molhamento, e o coeficiente de localização, chegando assim ao cálculo da lâmina necessária de irrigação para atender a necessidade hídrica da planta cultivada (Bernardo et al., 2008).

Devido ao forte desenvolvimento da agricultura irrigada, com mais de 34 mil hectares irrigados por pivô central (Guimaraes et al., 2014) a região de Barreiras – Bahia (BA) foi escolhida para este estudo. Além disso, os anos foram escolhidos para análise com base na precipitação visando uma amplitude de valores para melhor análise.

Deste modo o objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento da precipitação em quantidade e distribuição ao longo de Seis anos simulando e simulando a demanda hídrica de uma pastagem.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados climáticos foram obtidos da estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no município de Barreiras-BA (12°07'S; 45°01'W), a uma altitude de 474 metros e com dados com anos secos, normais e chuvosos sendo os anos de 2012 e 2015 secos, 2013 e 2016 normais e 1980 e 1979 chuvosos, com perspectivas precipitações anuais de 582,5 e 800,9; 1056,5 e 1083,9; 1284,5 e 1680,1 mm.

Com os dados climáticos calculou-se a ET_0 diária por meio da equação de Penman-Monteith FAO 56,



fixando um Kc médio para a pastagem de 0,85 conforme metodologia GESAI, definindo a Evapotranspiração da Cultura ETc.

Em seguida calculou-se o Saldo hídrico mensal comparando a ETc e a precipitação, juntamente com o balanço hídrico excluindo os excessos de precipitação.

Os dados foram plotados em tabelas e gráficos avaliando a precipitação, ETc, e saldo hídrico, exibindo seus valores totais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a Tabela 1 observa-se que os anos classificados como chuvosos tiveram valores próximos de ETc acumuladas sendo 1980 com 1257,4 mm e 1979 com 1236,1 mm, e desta forma mantém saldo positivo quando comparados com as precipitações de 1284,5 em 1980 e 1680,1 mm em 1979. Além disso, nos anos classificados como secos e normais, o saldo hídrico entre ETc e Precipitação foi negativo, sendo os valores dos anos de 2012, 2015, 2013, 2016 respectivamente 1394,6; 1429,7; 1370,0 e 1424,9 mm. Devido ao clima da região, a ET₀ se manteve próxima em todos os meses analisados.

Apesar deste saldo positivo, pode se observar na Tabela 1 uma má distribuição hídrica nesta região, apresentando um período seco definido aproximadamente entre os meses de Abril a Setembro.

Através da Tabela 2 a concentração acentuada de chuvas nos meses de janeiro dos anos de 2015 com 25,41%, 2013 com 32,36%, 2016 com 54,72%, 1980 com 33,31% e 1979 com 30,97%.

No ano de 2012 a maior concentração se deu no mês de Novembro com 51,31% da precipitação anual. No mês de janeiro de 2016, registrou-se a maior concentração de chuvas dos últimos 56 anos para a região (INMET, 2016).

Em todos os anos analisados o déficit hídrico foi acentuado, conforme descrito na Tabela 3. Sendo que nos anos de 2012 e 2015 os valores foram 2,05 e 1,60 vezes superior, em sequência, do que os valores de precipitação.

No Figura 1 é possível observar o comportamento da precipitação e evapotranspiração durante os anos.

Tabela 1 – Precipitação, ETc e Saldo Hídrico acumulado mensal (mm), a - anos secos, b - anos normais e c - anos chuvosos.

A)

	ANOS SECOS					
	2012			2015		
	PREC	ETc	SALDO	PREC	ETc	SALDO
JAN	110,6	107,8	2,8	203,5	136,0	67,5
FEV	64,9	114,6	-49,7	132,7	97,3	35,4
MAR	46,7	124,8	-78,1	128,8	115,0	13,8
ABR	3,8	113,9	-110,1	147,7	99,3	48,4
MAI	5,8	102,7	-96,9	15,4	98,0	-82,6
JUN	1,1	91,9	-90,8	0,0	90,9	-90,9
JUL	0,0	98,9	-98,9	0,0	103,4	-103,4
AGO	0,0	125,0	-125,0	0,0	120,9	-120,9
SET	0,2	140,3	-140,1	0,0	140,1	-140,1
OUT	15,3	149,0	-133,7	13,2	149,3	-136,1
NOV	298,9	90,0	208,9	129,1	134,6	-5,5
DEZ	35,2	135,7	-100,5	30,5	145,0	-114,5
TOTAL	582,5	1394,6	-812,1	800,9	1429,7	-628,8

b)

	ANOS NORMAIS					
	2013			2016		
	PREC	ETc	SALDO	PREC	ETc	SALDO
JAN	341,9	104,0	237,9	593,1	100,1	493,0
FEV	54,7	118,3	-63,6	9,8	132,3	-122,5
MAR	92,4	117,6	-25,2	81,1	130,0	-48,9
ABR	68,3	102,9	-34,6	57,0	102,2	-45,2
MAI	4,7	103,0	-98,3	2,8	103,6	-100,8
JUN	0,3	90,9	-90,6	2,4	97,1	-94,7
JUL	0,0	100,0	-100,0	0,0	104,8	-104,8
AGO	0,0	120,9	-120,9	0,0	118,5	-118,5
SET	6,0	145,7	-139,7	15,5	139,1	-123,6
OUT	43,6	144,7	-101,1	95,8	149,9	-54,1
NOV	188,7	123,9	64,8	120,1	122,3	-2,2
DEZ	255,9	98,2	157,7	106,3	125,0	-18,7
TOTAL	1056,5	1370,0	-313,5	1083,9	1424,9	-341,0

c)

	ANOS CHUVOSOS					
	1980			1979		
	PREC	ETc	SALDO	PREC	ETc	SALDO
JAN	427,9	98,6	329,3	520,3	88,1	432,2
FEV	416,6	79,2	337,4	320,6	81,9	238,7
MAR	34,2	110,2	-76,0	169,3	108,7	60,6
ABR	37,5	99,7	-62,2	77,9	94,3	-16,4
MAI	0,0	102,9	-102,9	0,7	94,6	-93,9
JUN	0,0	96,6	-96,6	0,0	89,1	-89,1
JUL	0,0	101,3	-101,3	0,0	97,5	-97,5
AGO	0,0	124,2	-124,2	9,0	106,7	-97,7
SET	28,6	120,0	-91,4	2,8	130,0	-127,2
OUT	30,0	141,4	-111,4	151,5	129,3	22,2
NOV	169,7	91,7	78,0	269,2	103,7	165,5
DEZ	140,0	91,6	48,4	158,8	112,3	46,5
TOTAL	1284,5	1257,4	27,1	1680,1	1236,1	444,0

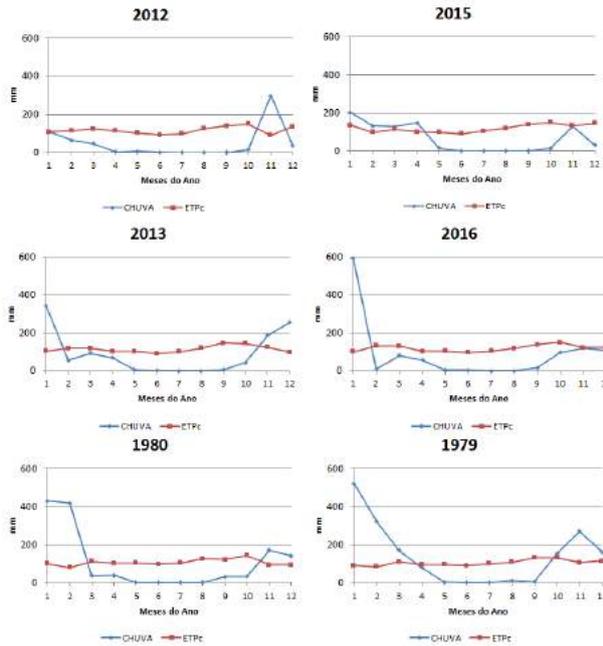


Figura 1 – Distribuição de Precipitação e ETc acumulada nos meses do ano (mm).

Tabela 2 – Percentual de chuva acumulada anual.

	PREC MÊS/ANO					
	SECOS		NORMAIS		CHUVOSOS	
	2012	2015	2013	2016	1980	1979
JAN	18,99%	25,41%	32,36%	54,72%	33,31%	30,97%
FEV	11,14%	16,57%	5,16%	0,90%	32,43%	19,08%
MAR	8,02%	16,08%	8,75%	7,48%	2,68%	10,08%
ABR	0,65%	18,44%	6,46%	5,26%	2,92%	4,64%
MAI	1,00%	1,92%	0,44%	0,26%	0,00%	0,04%
JUN	0,19%	0,00%	0,03%	0,22%	0,00%	0,00%
JUL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AGO	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,54%
SET	0,03%	0,00%	0,57%	1,43%	2,23%	0,17%
OUT	2,63%	1,65%	4,13%	8,84%	2,34%	9,02%
NOV	51,31%	16,12%	17,86%	11,08%	13,21%	16,02%
DEZ	6,04%	3,81%	24,22%	9,81%	10,90%	9,45%

Tabela 3 – Déficit Hídrico Anual.

DÉFICIT HÍDRICO					
SECOS		NORMAIS		CHUVOSOS	
2012	2015	2013	2016	1980	1979
1253,70	1280,80	1178,70	1240,50	1049,00	1010,40

CONCLUSÕES

Apesar de o Saldo Hídrico ser positivo em alguns anos, quando maior que a necessidade da cultura, a água proveniente das chuvas não é totalmente utilizada pela cultura, sendo perdida principalmente pelo processo de percolação ou escoamento superficial.

Nos meses de abril a setembro a precipitação é quase nula, interferindo na produtividade e qualidade das pastagens cultivadas.

Devido à má distribuição da precipitação é

necessário em alguns meses o uso de irrigação para garantir produtividade.

AGRADECIMENTOS

Sinceros agradecimentos ao GESAI, Professores do DEA e orientadores.

REFERÊNCIAS

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Boletim Agroclimatológico Mensal de Janeiro - 2016**. BOLETIM AGROCLIMATOLÓGICO MENSAL, v. 51, n. ISSN 2447-5203, p. 43, 2016. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO_MENSAL_201601.pdf>. Acesso em: 8 nov 2017.

GUIMARAES, D. P.; LANDAU, E. C.; SOUZA, D. L. Irrigação por pivôs centrais no Estado da Bahia - Brasil. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 102. EMBRAPA Milho e Sorgo, 2014.

CONCEIÇÃO, Marco A. F. Embrapa. **Circular Técnica**. v. 1, n. 1, 2010.

ALLEN, Richard G. **FAO Irrigation and Drainage Paper Crop by**. Irrigation and Drainage, v. 300, n. 56, p. 300, 1998. Disponível em: <<http://www.kimberly.uidaho.edu/water/fao56/fao56.pdf>>.

TEREZA, Márcia e colab. **O Sistema Aquífero Urucuia**. Revista Brasileira de Geociências, v. 37, p. 216–226, 2007. DÖLL, P.; HAUSCHILD, M. Model-based regional assessment of water use: an example for semi-arid Northeastern Brazil. *Water International*, v.27, p.310-320, 2002.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA UTILIZANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS EM BOM JESUS DA LAPA-BA

Thiago Ferreira Rodrigues¹, Lucas Borges Ferreira², Santos Henrique Brant Dias³, Gustavo Henrique da Silva⁴, Igor Lopes de Faria⁵, Francisco Cássio Gomes Alvino⁶, Fernando França da Cunha⁷

¹Discente de graduação em Agronomia – UFV. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. e-mail: thiagof.agro@outlook.com;

²Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola-UFV. Bolsista CNPq. e-mail: contato.lucasbf@gmail.com; ³Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: santosdiasagro@gmail.com; ⁴Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: dasilva.h.gustavo@gmail.com; ⁵Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: igorbenks@gmail.com; ⁶Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: cassioalvino@hotmail.com;

⁷Docente do Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental- UFV. e-mail: fernando.cunha@ufv.br;

RESUMO: Estimar a evapotranspiração de referência é de suma importância para o manejo da irrigação. No entanto, vários modelos utilizados para calcular a ET_0 , necessitam de dados indisponíveis em algumas regiões. Com o intuito de viabilizar a estimativa da ET_0 com menor número de variáveis climáticas, o presente trabalho desenvolveu três modelos de redes neurais artificiais (RNAs) do tipo feed-forward perceptron multicamadas, cada uma com diferentes combinações de dados meteorológicos de entrada. Foi avaliado o desempenho dos modelos de RNAs frente a clássica equação de Hargreaves-Samani. O estudo utilizou dados do período de 2002 a 2016 de uma estação meteorológica situada em Bom Jesus da Lapa-BA (13,26° S, 43,41° W e altitude de 440 m). Para o arranjo das RNAs, baseadas em estruturas neurais biológicas, utilizou-se uma camada de entrada, 2 camadas ocultas com 4 e 1 neurônios e uma camada de saída, com 1 neurônio. Os modelos de redes neurais 2 e 3 apresentaram performance superior a equação de Hargreaves-Samani calibrada. Logo, foi possível inferir que o uso de redes neurais, diante limitações no número de variáveis climáticas, pode ser considerado como um importante modelo para estimativa da ET_0 .

Palavras-Chave: agrometeorologia, Hargreaves-Samani, inteligência artificial, irrigação

INTRODUÇÃO

A Evapotranspiração consiste na junção dos fenômenos de evaporação e transpiração (Huo et al., 2012), sendo estimada por uma gama de

diferentes metodologias, devido à complexidade em avaliar a passagem da água do sistema solo-planta para a atmosfera de maneira direta. Com o intuito de minimizar estes problemas, foi estabelecido a evapotranspiração de referência (ET_0), a qual fixa dados de uma cultura hipotética similar à grama.

Conhecer a ET_0 é de fundamental importância para a elaboração de projetos e manejo de irrigação (De Carvalho et al., 2011), uma vez que a ET_0 é a base para estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c), cuja função é esclarecer a demanda hídrica. Dentre os vários métodos para estimar a ET_0 , destaca-se o Penman-Monteith (PM), definido pela Food and Agriculture Organization (FAO) como método padrão (Allen et al., 1998). Apesar da possibilidade de ser utilizado mundialmente, já que não necessita de calibração local, este método tem como empecilho a demanda por grande número de variáveis climáticas que não estão disponíveis em muitas regiões. Além da equação de PM, a equação de Hargreaves-Samani é recomendada por Allen et al. (1998) como alternativa para estimar a ET_0 quando somente dados de temperatura estiverem disponíveis. Ademais, nos últimos anos, o uso de Redes Neurais Artificiais (RNAs), tem se mostrado promissor para a estimativa da ET_0 utilizando poucas variáveis climáticas (Kumar et al., 2002; Ozgur, 2007). Isso porque estas redes, inspiradas no sistema neural biológico, são recomendadas para a modelagem de complexos processos não-lineares.

O presente estudo objetivou avaliar o desempenho de redes neurais artificiais para estimativa da ET_0 em Bom Jesus da Lapa-BA frente a tradicional equação de Hargreaves-Samani.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado utilizando dados do período de 2002 a 2016 de uma estação meteorológica situada em Bom Jesus da Lapa-BA (13,26° S, 43,41° W e altitude de 440 m). Os dados foram obtidos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP).

Foram utilizados dados de temperatura máxima e mínima do ar (°C), umidade relativa (%), insolação (h) e velocidade do vento ($m s^{-1}$). A velocidade do vento, medida a 10 m de altura, foi convertida para 2 m e a radiação solar foi calculada com base na insolação, conforme Allen et al. (1998).

A evapotranspiração de referência foi estimada inicialmente pela equação de Penman-Monteith (Allen et al., 1998), sendo esta utilizada como padrão para desenvolvimento/calibração dos modelos a serem apresentados a seguir e para posterior avaliação do desempenho dos mesmos.

Para estimar a ET_0 utilizando RNAs foram desenvolvidas três redes do tipo feed-forward perceptron multicamadas, cada uma com diferentes combinações de dados meteorológicos de entrada, sendo: RNA1, temperatura máxima e mínima; RNA2, temperatura máxima e mínima e radiação no topo da atmosfera; RNA3, temperatura máxima, mínima e média, amplitude térmica e radiação no topo da atmosfera. O processo de treinamento da rede foi realizado utilizando a biblioteca Tensor Flow para a linguagem de programação Python, sendo utilizados dados do período de 2002 a 2011. A estrutura das redes utilizadas foi definida por meio de testes prévios, sendo composta por uma camada de entrada, 2 camadas ocultas com 4 e 1 neurônio e uma camada de saída, com 1 neurônio (Figura 1). Os neurônios das camadas escondidas utilizaram a função de ativação tangente hiperbólica e o neurônio da camada de saída utilizou a função identidade. Para o treinamento foi utilizado o algoritmo backpropagation com termo de momentum. Afim de facilitar a convergência da rede, as variáveis de entrada foram normalizadas no intervalo de 0 a 1.

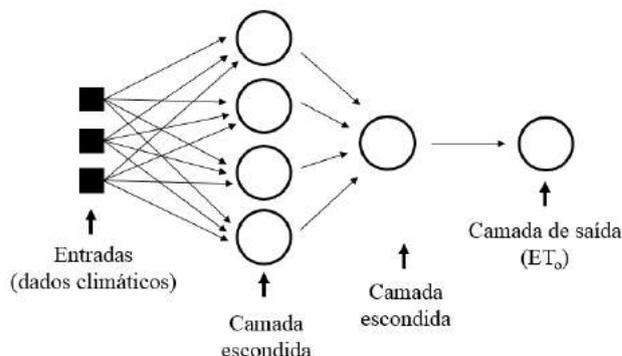


Figura 1. Estrutura geral das redes neurais desenvolvidas.

A ET_0 foi estimada também pela equação de Hargreaves-Samani (Hargreaves & Samani, 1985) em sua forma original e calibrada via regressão linear. Para calibração da equação foi realizada a determinação dos parâmetros de regressão ($Y = a + bX$), sendo a ET_0 estimada pela equação de PM utilizada como variável dependente e aquela estimada pela equação de HS utilizada como variável dependente. Para este procedimento foram utilizados dados de 2002 a 2011.

A performance das RNAs e equação de HS original e calibrada foi avaliada utilizando os índices estatísticos raiz do erro quadrático médio (RMSE), erro absoluto médio (MAE), viés médio (MBE) e coeficiente de correlação (r). Esta avaliação foi realizada utilizando dados do período de 2012 a 2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os indicadores estatísticos para os modelos de estimativa da evapotranspiração de referência.

Tabela 1. Índices estatísticos para os modelos de estimativa da evapotranspiração de referência avaliados.

Modelo	RMSE ($mm d^{-1}$)	MAE ($mm d^{-1}$)	MBE ($mm d^{-1}$)	r
RNA 1	0.78	0.62	0.22	0.71
RNA 2	0.59	0.45	0.06	0.83
RNA 3	0.59	0.45	0.06	0.83
HS	0.90	0.72	0.60	0.79
HS cal	0.66	0.52	-0.08	0.79

As redes neurais 2 e 3 obtiveram o melhor desempenho para a estimativa da evapotranspiração de referência em relação aos



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

demais modelos, apresentando menores valores de RMSE, MAE, MBE e maiores valores de r . Para a RNA 2, a inserção da variável radiação no topo da atmosfera elevou o nível de precisão e acurácia da rede quando comparado a RNA 1, a qual não apresentava está variável. Isto comprova a importância do uso da radiação no topo da atmosfera para a estimativa da ET_0 , como relatado por Hargreaves & Samani (1985).

Tratando-se da RNA 3, a adição das variáveis meteorológicas temperatura média e amplitude térmica em relação a RNA 2, não promoveu ganhos de desempenho, obtendo mesmos valores dos índices estatísticos obtidos para a RNA 2, o que demonstra uma contribuição insignificante destas variáveis para a melhoria dos modelos de rede neural estudados.

Avaliando-se a equação de HS original e calibrada verificou-se que a calibração foi capaz de melhorar a performance deste método, reduzindo os valores de RMSE, MAE e MBE. Júnior et al. (2017) também verificaram melhor desempenho da equação de HS após calibrada localmente.

Por outro lado, a equação de HS, mesmo calibrada, apresentou maiores valores de erro e valores inferiores de correlação, em relação aos modelos RNA 2 e RNA 3. Estes resultados reafirmam a capacidade superior das RNAs em modelar problemas complexos, como a estimativa da ET_0 . Resultados similares foram relatados também por Gorka et al. (2008). Dessa forma, as RNAs constituem uma opção para estimar a ET_0 em situações em que somente a temperatura do ar estiver disponível.

CONCLUSÕES

Os modelos RNA 2 e RNA 3 apresentaram melhor desempenho para a estimativa da evapotranspiração de referência em relação aos demais modelos.

O uso das variáveis meteorológicas temperatura média e amplitude térmica como entradas para as redes neurais avaliadas não promoveu melhoria da estimativa da ET_0 .

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. 1998. CROP EVAPOTRANSPIRATION: GUIDELINES FOR COMPUTING CROP REQUIREMENTS. In: FAO Irrigation and Drainage Paper No.56, 1998, Rome – Italy.

DE CARVALHO, L. G.; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; E NETO, P. C. EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA: UMA ABORDAGEM ATUAL DE DIFERENTES MÉTODOS DE ESTIMATIVA. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p.456-465, 2011.

HARGREAVES, G. H.; & SAMANI, Z. A. REFERENCE CROP EVAPOTRANSPIRATION FROM TEMPERATURE. **Applied Engineering in Agriculture**. v. 2, p. 96–99, 1985.

HUO, Z.; FENG, S.; KANG, S.; E DAI, X. ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODELS FOR REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN NA ARID AREA OF NORTHWEST CHINA. *Journal of arid environments*, v. 82, p. 81-90, 2012.

JÚNIOR, J. C. F. B.; OLIVEIRA, A. L. M.; DE ANDRADE, C. D. L. T.; & PINHEIRO, M. A. B. EQUAÇÃO DE HARGREAVES-SAMANI CALBRADA EM DIFERENTES BASES TEMPORAIS PARA SETE LAGOAS, MG/HARGREAVES-SAMANI EQUATION CALIBRATED IN DIFFERENT TIME BASES FOR SETE LAGOAS, MG, BRAZIL. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 1, p. 38, 2017.

KUMAR, M.; RAGHUWANSHI, N. S.; SINGH, R.; WALLENDER, W. W.; PRUITT, W. O. ESTIMATING EVAPOTRANSPIRATION USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering-ASCE**. v.128, p.224-233, 2002.

LANDERAS, G.; ORTIZ-BARREDO, A.; LÓPEZ, J. J. COMPARISON OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODELS AND EMPIRICAL AND SEMI-EMPIRICAL EQUATIONS FOR DAILY REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION IN THE BASQUE COUNTRY (NORTHERN SPAIN). **Agricultural water management**, v. 95, n. 5, p. 553-565, 2008.

OZGUR, K. EVAPOTRANSPIRATION MODELLING FROM CLIMATIC DATA USING A NEURAL COMPUTING TECHNIQUE. **Hydrological Processes**. v. 21, p. 1925-1934, 2007.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

AVALIAÇÃO DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO MENSAL ESTIMADOS PELO SATÉLITE TRMM PARA RIO VERDE - GO

Helizani Couto Bazame¹, Daniel Althoff ², Roberto Filgueiras³

¹Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. Bolsista de Mestrado da FAPEMIG. e-mail: helizanicouto@gmail.com;

²Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. Bolsista de Mestrado da CAPES. e-mail: daniel_althoff@hotmail.com;

³Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. Bolsista de Doutorado da CNPq. e-mail: betofilgueiras@gmail.com.

RESUMO: As estimativas de chuva provenientes dos dados do TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) têm se mostrado de grande potencial para caracterizar o regime de chuvas e servir como informação básica para diferentes estudos. O estudo foi realizado utilizando dados meteorológicos do município de Rio Verde - GO, situado a 17° 47' 52" de latitude Sul, 50° 55' 40" de longitude Oeste e 748 m de altitude. A calibração dos dados mensais derivados do *Tropical Rainfall Measuring Mission* foi realizada através de regressão linear com os dados mensais de precipitação disponibilizados pelo INMET/BDMEP para o período de 1998 a 2010. Para validação do coeficiente de ajuste foram utilizados o coeficiente de determinação, a raiz do erro médio quadrático, o desvio das médias, o erro médio absoluto e o coeficiente de Nash-Sutcliffe. A calibração ajustou um coeficiente para precipitação mensal estimado pelo TRMM de 0,4041. O desempenho da validação é considerado bom, comprovando a adequabilidade do modelo para estudos que envolvam balanço hídrico e ciclo hidrológico.

Palavras-Chave: recursos hídricos, sensoriamento remoto, agricultura de precisão.

INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial é um elemento de grande variabilidade espaço-temporal, tendo forte influência sobre as atividades agrícolas, principalmente sobre o desenvolvimento e a produtividade das culturas agrícolas (Dallacort et al., 2008; Paiva Sobrinho et al., 2014).

Com o desenvolvimento da tecnologia de sensores orbitais, a determinação de padrões de ocorrência de chuvas em grandes áreas passou a ser obtida com grande facilidade e operacionalidade (Araujo et al., 2017).

Esses sensores fornecerem informações rapidamente disponibilizadas, com abrangência

espacial e com qualidade crescente tem levado ao seu uso cada vez mais frequente em vários tipos de estudos hidrológicos (Wagner et al., 2012; Soares et al., 2016).

Dentre os sensores citados na literatura, de forma geral, as estimativas de chuva provenientes dos dados do TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) têm se mostrado de grande potencial para caracterizar o regime de chuvas e servir como informação básica para diferentes estudos (Araujo et al., 2017).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi calibrar um coeficiente para ajuste da estimativa de precipitação mensal pelo satélite TRMM e avaliar o desempenho e adequabilidade do modelo gerado para o município de Rio Verde - GO.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado utilizando dados de precipitação obtidos pela estação meteorológica convencional do INMET, localizada no município de Rio Verde - GO. O município está situado a 17° 47' 52" de latitude Sul, 50° 55' 40" de longitude Oeste e 748 m de altitude (*Datum WGS84*). De acordo com Köppen, o clima da região é classificado como tropical do tipo Aw, com inverno seco e verão chuvoso, cuja temperatura do mês mais frio é superior a 20,9 °C

Os dados foram obtidos pela estação 83470 e fornecidos gratuitamente pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). O período de estudo foi de 01 de janeiro de 1998 a 30 de junho de 2015.

Os dados estimados pelo algoritmo 3B42 correspondem à precipitação obtida a partir da fusão de informações de diversos satélites (GMS, GOES-E, GOES-W, Meteosat-7, Meteosat-5 e NOAA-12 data) aos dados do satélite TRMM, assim como informações de pluviômetros (Soares et al., 2016). Os dados são disponibilizados com uma resolução temporal de 3 horas. Depois de coletados



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

os totais mensais foram computados para o período de 1998 a junho de 2015. Os dados são fornecidos gratuitamente pela central de dados NASA *Goddard Earth Sciences (GES) Data and Information Services Center (DISC)* e foram processados utilizando o software livre QGIS.

Calibração e validação

A calibração dos dados mensais obtidos do satélite TRMM foi realizada através de regressão linear com os dados mensais de precipitação disponibilizados pelo INMET/BDMEP para o período de 1998 a 2010. Os resultados foram validados para o período de 2011 a 2015.

Análise estatística

Foi utilizada a regressão linear simples para determinar o coeficiente de ajuste do produto de precipitação mensal obtido pelo TRMM/TMPA.

Para validação do coeficiente de ajuste foram utilizados o coeficiente de correlação (r), a raiz do erro médio quadrático (RMSE), o desvio das médias (MBE), o erro médio absoluto (MAE) e o coeficiente de Nash-Sutcliffe (NSE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **figura 1** é apresentada a relação linear entre os dados observados pela estação meteorológica e os dados estimados pela missão TRMM.

A partir dos dados gerados, pode-se afirmar que o coeficiente de ajuste para calibração da estimativa de precipitação gerado pelo sensor foi de 0,4041.

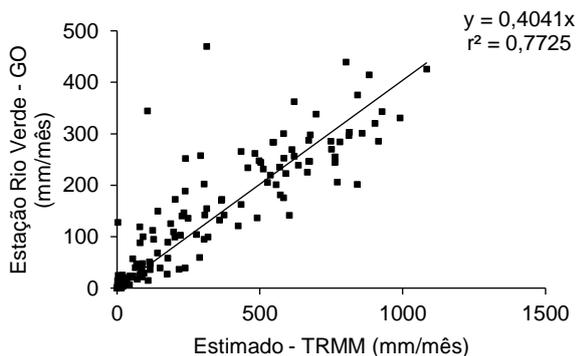


Figura 1. Calibração da precipitação mensal estimada pelo TRMM.

Os dados observados pela estação meteorológica e a precipitação mensal obtida pelo TRMM após ser ajustado pelo coeficiente são apresentados na **figura 2**.

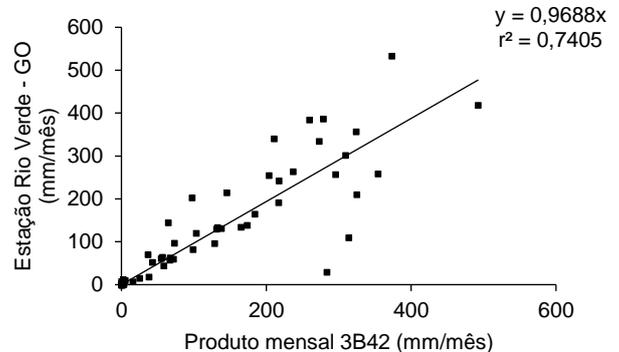


Figura 2. Validação do coeficiente de ajuste.

As variáveis estatísticas obtidas a partir da análise de desempenho do coeficiente de ajuste indicado pelo TRMM são apresentadas na tabela 1

Tabela 1. Medidas de desempenho para análise considerando chuvas acumuladas mensais.

MAE	MBE	RMSE	NSE	r
39,59	1,33	67,26	0,87	0,86

O valor de RMSE foi elevado para o município de Rio Verde e, uma justificativa para esse valor é a diferença apresentada na determinação das precipitações. Enquanto o pluviômetro realiza uma coleta pontual da precipitação, o TRMM realiza uma estimativa a partir da média de uma área muito extensa ($0,25^\circ \times 0,25^\circ$), dessa forma a ocorrência de chuvas isoladas sob uma dada área pode não mensurada pelo pluviômetro. O coeficiente de correlação (r) encontrado se aproxima de 1, indicando uma forte correlação entre as variáveis.

O NSE fornece valores dentro do intervalo de $-\infty$ a 1, onde os valores próximos a 1 apontam uma correlação perfeita e os valores inferiores a 0 expressam um modelo não confiável (Jain & Sudheer, 2008). O modelo é considerado bom, pois o valor de NSE se aproxima de 1.

O valor de MBE positivo indica que o modelo encontrado subestima, em média, apenas 1,33 mm.mês^{-1} os valores da estação meteorológica, demonstrando coerência nos resultados gerados.

O erro médio absoluto apresentou valor de 39,59 mm. Apesar de que o valor encontrado possa ser considerado alto, ele está de acordo com o valor encontrado por Soares et al., 2016, cujos autores estimaram a MAE para a Mata Paraibana e obtiveram valor de 31 mm.

CONCLUSÕES

A calibração ajustou um coeficiente para precipitação mensal estimado pelo TRMM de



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

0,4041. O desempenho da validação é considerado bom, comprovando a adequabilidade do modelo para estudos que envolvam balanço hídrico e ciclo hidrológico.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. L.; SILVA, T. M.; SILVA, B. B.; SANTOS, C. A. C.; AMORIM, M. R. B. Modelagem Simplificada Para Estimativa do Balanço de Energia à Superfície em Escala Regional (R-SSEB). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.32, n.3, 2017.

DALLACORT, R.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; FARIA, R. T.; REZENDE, R.; BERTONHA, A. Níveis de probabilidade de rendimento de quatro cultivares de soja em cinco datas de semeadura. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, n.2, p. 261-266, 2008.

JAIN., S. K. & SUDHEER., K. P. Sudheer. Fitting of Hydrologic Models: A Close Look at the Nash Sutcliffe Index. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 13, no. 10, 2008.

PAIVA SOBRINHO, S.; MATOS, V. A. T.; PEREIRA, A. P. S.; PIVETTA, F.; SEIXAS, G. B.; CAMPELO JUNIOR, J. H. determinação dos parâmetros da distribuição gama e média pluviométrica decendial para estações do estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.2, p.183-196, 2014.

SOARES, A. S. D.; PAZ, A. R.; PICCILLI, D. G. A. Avaliação das estimativas de chuva do satélite TRMM no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n.2, p. 288–299, 2016.

WAGNER, P. D.; FIENER, P.; WILKEN, F.; KUMAR, S.; SCHNEIDER, K. Comparison and evaluation of spatial interpolation schemes for daily rainfall in data scarce regions. **Journal of Hydrology**, v.464-465, p.388-400, 2012.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

CALIBRAÇÃO DAS EQUAÇÕES DE PRIESTLEY-TAYLOR E HARGREAVES-SAMANI PARA O MUNICÍPIO DE RIO VERDE - GO

Helizani Couto Bazame¹, Daniel Althoff², Igor Boninsenha³, Vinicius Mendes Rodrigues de Oliveira⁴, Robson Argolo dos Santos⁵, Rafael Gomes Martins⁶, Igor Lopes de Faria⁷, Santos Henrique Brant Dias⁸, Élvis da Silva Alves⁹, Caio Vieira de Morais¹⁰, Fernando França da Cunha¹¹

¹Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: helizanicouto@gmail.com; ²Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: daniel_althoff@hotmail.com; ³Discente de graduação em Agronomia – UFV. e-mail: iboninsenal@gmail.com; ⁴ Discente de pós-graduação Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: iniciasmro91@gmail.com; ⁵ Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: argolo.agro@gmail.com; ⁶ Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: rgomesmartins1@gmail.com; ⁷ Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: igorbenks@gmail.com; ⁸ Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: santosdiasagro@gmail.com; ⁹ Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: elvistv@gmail.com; ¹⁰ Discente de graduação em Agronomia – UFV. e-mail: caio.morais95@gmail.com; ¹¹ Docente do Departamento de Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: dacunhaff@gmail.com

RESUMO: A estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0) na agricultura é necessária para maximizar a produção agrícola e apoiar a gestão e planejamento do uso dos recursos hídricos. No presente trabalho objetivou-se calibrar as equações de Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani em relação ao método padrão PM-FAO, ajustando-o para o município de Rio Verde - GO. A correlação dos métodos foi obtida pela equação gerada, sendo os dados de Penman-Monteith FAO56 a variável dependente (eixo das ordenadas) e Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani a variável independente (eixo das abcissas). Os dados obtidos foram analisados e comparados utilizando o coeficiente de determinação, a raiz do erro médio quadrático, o desvio das médias, o erro médio absoluto e o coeficiente de Nash-Sutcliffe, para os dados antes e após a correção da estimativa da evapotranspiração de referência. Os resultados mostraram que todas as variáveis estatísticas estudadas sofreram uma melhora após a correção. A equação de Priestley-Taylor mostrou-se mais eficiente na estimativa da evapotranspiração quando comparada a de Hargreaves-Samani.

Palavras-Chave: evapotranspiração, dados meteorológicos, manejo de irrigação.

INTRODUÇÃO

O uso indevido dos recursos hídricos aliado a irregularidade espaço-temporal das chuvas e as altas taxas evaporativas provocam a escassez de água para a população e para sua agricultura (Araújo et al., 2017). A crescente demanda hídrica em todos os setores da sociedade, é uma das

maiores preocupações dos dias atuais. Portanto, a água deve ser utilizada da forma mais racional possível (Lima Junior et al, 2016).

Na agricultura a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0) é necessária para a maximização da produção agrícola, gestão de recursos hídricos e irrigação (Lima Junior et al, 2016).

Existem vários métodos para estimar a evapotranspiração de referência (Trajkovic, 2007), entretanto a versão FAO-56 do PenmanMonteith (PM) foi estabelecida como um padrão para calcular a ET_0 (Allen et al., 1998).

No entanto, em alguns casos, o uso do método FAO PM tem seu uso restringido pela falta de variáveis de entrada (Sentelhas et al., 2010).

Por isso, a busca por métodos alternativos que demandem menos variáveis meteorológicas para a sua estimativa se torna uma alternativa viável para contornar esse problema (Fernandes et al., 2012).

No presente trabalho objetivou-se calibrar as equações de Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani em relação ao método padrão PM-FAO, ajustando-o para o município de Rio Verde – GO.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado utilizando dados meteorológicos do município de Rio Verde - GO, situado a 17° 47' 52" de latitude Sul, 50° 55' 40" de longitude Oeste e 748 m de altitude, durante o período de 01 de novembro de 1971 a 31 de dezembro de 2016. De acordo com Koppen, o clima da região é classificado como tropical do tipo Aw,



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

com inverno seco e verão chuvoso, cuja temperatura do mês mais frio é superior a 20,9 °C.

Primeiramente foram obtidas as estimativas de evapotranspiração pelas equações de Penman-Monteith FAO5, Priestley-Taylor (PT) e Hargreaves-Samani (HS). Posteriormente foi realizada uma regressão utilizando um modelo linear, combinando a equação de Penman-Monteith FAO56 com as equações de Priestley-Taylor (PT) e Hargreaves-Samani (HS). A correlação dos métodos foi obtida pela equação gerada, sendo os dados de PM a variável dependente (eixo das ordenadas) e PT e HS a variável independente (eixo das abscissas).

Com a equação gerada, os dados foram utilizados para efetuar a correção.

Delineamento e análise estatística

Os dados obtidos foram analisados e comparados utilizando o coeficiente de determinação (R^2), a raiz do erro médio quadrático (RMSE), o desvio das médias (MBE) e o coeficiente de Nash-Sutcliffe (NSE), para os dados antes e após a correção da estimativa de ET_0 .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações de correção para Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani são apresentadas nas **figuras 1 e 2**.

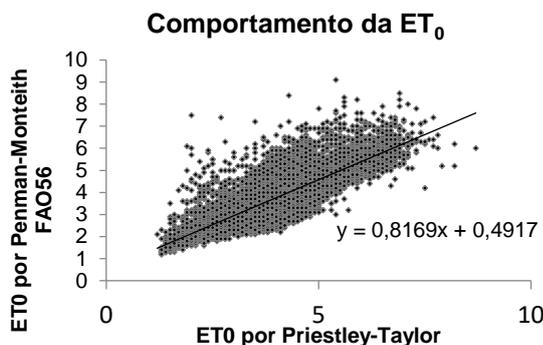


Figura 1. Comportamento da ET_0 para os métodos de Penman-Monteith FAO56 e Priestley-Taylor.

As equações de calibração (**Figura 2**) foram utilizadas para a correção dos dados gerados anteriormente pelas equações de PT e HS. Na **figura 3** são apresentados os valores antes e depois da correção para a raiz do erro médio quadrático (RMSE).

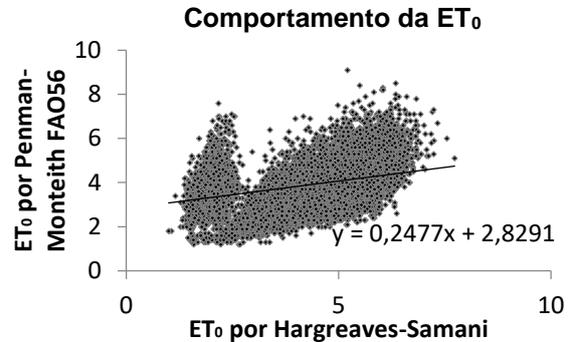


Figura 2. Comportamento da ET_0 para os métodos de Penman-Monteith FAO56 e Hargreaves-Samani.

Como pode ser observado, antes da correção os valores eram de 0,623 mm dia⁻¹ para PT e 1,438 mm dia⁻¹ para HS, após a correção estes valores passaram a ser 0,542 mm dia⁻¹ para PT e 0,937 mm dia⁻¹ para HS. Em ambos os casos os valores descaíram, o que mostra um aumento na exatidão do método corrigido para Rio Verde, GO.

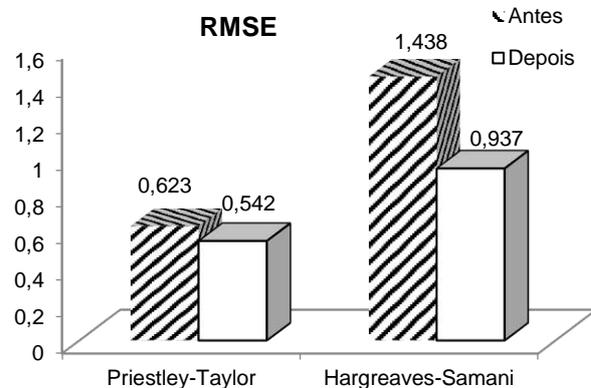


Figura 3. Raiz do erro médio quadrático para os dados antes e após a correção da estimativa de ET_0 .

O coeficiente de determinação (R^2) manteve-se o mesmo de 0,708 para PT e 0,128 para HS antes e após a correção dos dados (**Figura 4**), não afetando a correlação dos dados de evapotranspiração com a correção. Na **figura 5** são apresentados os coeficientes de Nash-Sutcliffe para os dados antes e após a correção da estimativa de ET_0 .



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

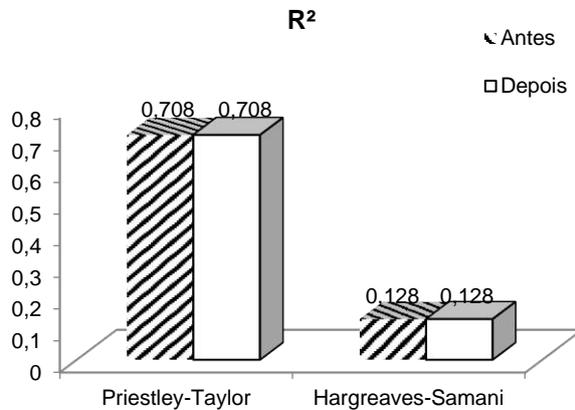


Figura 4. Coeficiente de determinação para os dados antes e após a correção da estimativa de ETo.

O NSE fornece valores no intervalo de $-\infty$ a 1, os valores próximos a 1 expressam a correlação perfeita e os valores inferiores a 0 expressam que um modelo não confiável (Jain & Sudheer, 2008). Os valores de NSE encontrados para a equação de PT se aproximaram de 1, demonstrando bom desempenho da correção do modelo, já o NSE para HS ficou próximo a 0 mesmo após a correção, tornando o modelo pouco confiável.

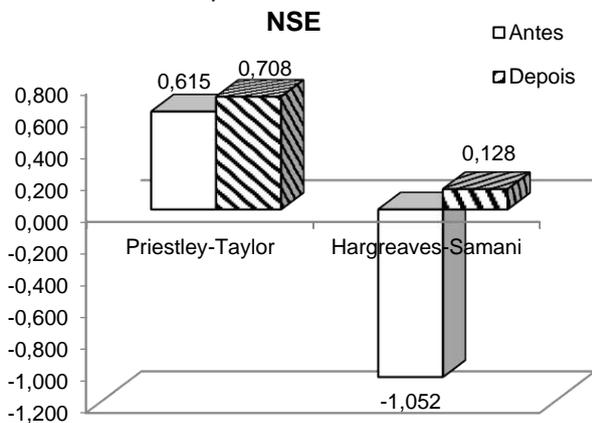


Figura 5. Coeficiente de Nash-Sutcliffe para os dados antes e após a correção da estimativa de ETo.

Na **figura 6** são apresentados os desvios das médias antes e depois da correção das equações. Para o MBE, tanto PT quanto HS tiveram os seus valores reduzidos após a correção. O valor positivo de MBE encontrado na correção de PT aponta que o modelo subestima os valores observados. Já os valores negativos de HS apontam que o modelo superestima os mesmos valores, porém, apesar de apresentar valores positivos e negativos, os mesmos estão bem próximos de zero apontando pouca influência.

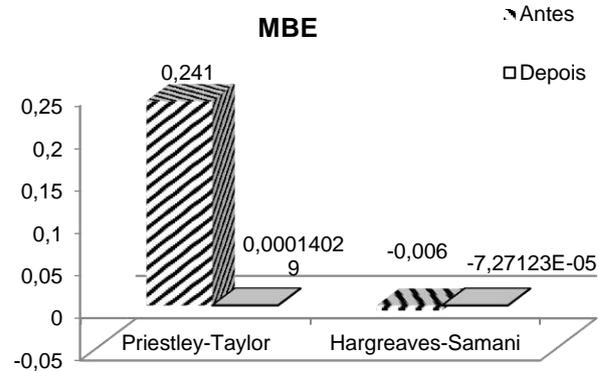


Figura 6. Desvio das médias para os dados antes e após a correção da estimativa de ETo.

CONCLUSÕES

As correções dos dois modelos apresentaram-se eficientes para a estimativa da evapotranspiração de referência no município de Rio verde- GO.

Após a correção das equações, PT mostrou-se mais eficiente na estimativa da evapotranspiração quando comparada a HS.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. L.; SILVA, T. M.; SILVA, B. B.; SANTOS, C. A. C.; AMORIM, M. R. B. Modelagem Simplificada Para Estimativa do Balanço de Energia à Superfície em Escala Regional (R-SSEB). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 3, 2017.

FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B.; FEITOSA R. L.; PAZ E AMORIM, A. O. Regional and local calibration of Hargreaves equation for estimating reference evapotranspiration. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 246-255, 2012.

JAIN., S. K.; SUDHEER., K. P. Sudheer. Fitting of Hydrologic Models: A Close Look at the Nash Sutcliffe Index. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 13, n. 10, 2008.

LIMA JUNIOR, J. C.; ARRAES, F. D. D.; OLIVEIRA, J. B.; DO NASCIMENTO, F. A. L.; MACÊDO, K. G. Defining parameters for the Hargreaves-Samani equation for estimating reference evapotranspiration in the State of Ceará, Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 447-454, 2016.

SENTELHAS, P. C.; GILLESPIE, T. J.; SANTOS, E. A. Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 5, p. 635-644, 2010.

TRAJKOVIC, S. Hargreaves versus Penman-Monteith under Humid Conditions. **Journal of irrigation and drainage engineering**, v. 133, p. 38-42, 2007.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

HOMOGENEIDADE DO ESPECTRO DE GOTAS FORMADO POR PONTAS LEQUE EM FUNÇÃO DA PRESSÃO DE OPERAÇÃO

Moisés Gonçalves de Sousa Neto¹, Marconi Ribeiro Furtado Júnior², Germano Antonio Viegas Oliveira³, Adolfo Henrique Afonso Mota Almeida⁴, Anderson Candido da Silva⁵

¹Discente de graduação em Agronomia - UFV. Estagiário no Setor de Mecanização Agrícola. e-mail: moises.neto@ufv.br; ²Professor do Departamento de Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: marconi.furtado@gmail.com; ³Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail: viegas.germano@gmail.com; ⁴Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail: adolfoalmeida92@hotmail.com; ⁵Doutorando em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: andersoncandido@hotmail.com

RESUMO: A eficiência da aplicação de defensivos agrícolas via líquida depende da quantidade de produto e da densidade de gotas que atinge o alvo a ser tratado. Para garantir a cobertura do alvo em níveis adequados é necessário que as gotas apresentem tamanho compatível com o tratamento realizado. As pontas hidráulicas produzem um espectro de gotas que apresentam variação em relação ao tamanho, sendo necessário controlar essa variável para assegurar a qualidade da aplicação. Um espectro de gotas homogêneo é aquele que apresenta pouca variação do diâmetro das gotas produzidas pelas pontas de aplicação. A amplitude relativa, ou valor SPAN, é um parâmetro amplamente utilizado para caracterizar a homogeneidade das gotas produzidas por pontas hidráulicas. Quanto menor o valor SPAN melhor é a homogeneidade das gotas do espectro. Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência da pressão de operação na homogeneidade das gotas produzidas por pontas com padrão de jato plano (leque). Foram avaliadas cinco pontas da marca Jacto®, modelo JSF, todas com ângulo de operação nominal de 110°. Os tratamentos constituíram-se de três pressões de operação (2, 3 e 4 bar), no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. A homogeneidade foi estudada por meio do valor SPAN. Em todas as pontas avaliadas a pressão de operação apresentou efeito linear, positivo e significativo no valor SPAN, indicando que o aumento da pressão culmina na produção de gotas heterogêneas em relação ao tamanho. Também foi identificado que a homogeneidade das gotas é influenciada negativamente pela vazão nominal das pontas utilizadas no experimento.

Palavras-Chave: atomização hidráulica, população de gotas, pulverização, span

INTRODUÇÃO

As técnicas utilizadas para aplicação de defensivos agrícolas devem proporcionar cobertura adequada do alvo, de modo a garantir a absorção do produto pela planta e evitar perdas por escorrimento foliar. Nota-se, atualmente, uma preocupação majoritária com qual molécula química utilizar para efetuar determinado controle fitossanitário e pouca atenção dispensada em relação às técnicas de aplicação, o que culmina em baixa eficiência de controle em detrimento das perdas de produto na atmosfera (CUNHA & RUAS, 2006; DUJESHWER et al., 2015). O emprego correto das técnicas de aplicação visa garantir que o defensivo agrícola atinja o alvo com a concentração adequada para realizar o controle fitossanitário, além de atenuar as perdas por evaporação e reduzir o potencial de deriva das gotas que conduzem o defensivo (WISE et al., 2010; ZHAO et al., 2014).

A qualidade e eficiência da aplicação de defensivos são também influenciadas pela uniformidade de formação de gotas das pontas hidráulicas, pois de acordo com as características do produto aplicado é necessário produzir um tamanho de gotas específico que favoreça o transporte, a deposição e a absorção/contato do produto com o alvo. A amplitude relativa, também conhecida como valor SPAN, mede a homogeneidade das gotas produzidas pelas pontas de pulverização através do quociente da diferença dos diâmetros de gotas correspondentes a 90 e 10% do volume, pelo diâmetro correspondente a 50% do volume do espectro de gotas formado pela ponta. Maiores valores SPAN indicam menor homogeneidade das gotas formadas pela ponta e desse modo é um parâmetro crucial para a seleção de pontas e



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

garantia da qualidade da aplicação (VIANA et al., 2010; MACIEL et al., 2016).

Objetivou-se com este trabalho avaliar a homogeneidade do espectro de gotas formado por pontas hidráulicas do tipo leque em função da pressão de operação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Aplicação de Defensivos Agrícolas, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa – UFV, localizada no município de Viçosa, Minas Gerais. Foi avaliada a homogeneidade das gotas produzidas por pontas hidráulicas com padrão de jato plano (leque) em função da pressão de trabalho. O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Foram avaliados os efeitos de três tratamentos experimentais, correspondentes as pressões de 2 bar (200 kPa), 3 bar (300 kPa) e 4 bar (400 kPa).

As pontas avaliadas foram da marca Jacto® modelo JSF, com ângulo de abertura de 110° na pressão nominal de 3 bar. O modelo e a vazão nominal das pontas estão apresentados no quadro 1.

Quadro 1. Vazão nominal e cor indicativa das pontas utilizadas no experimento.

Ponta	Vazão nominal	Cor
JSF 11005	1,89 L.min ⁻¹	Marrom
JSF 11004	1,51 L.min ⁻¹	Vermelha
JSF 11003	1,14 L.min ⁻¹	Azul
JSF 11002	0,76 L.min ⁻¹	Amarela
JSF 110015	0,57 L.min ⁻¹	Verde

A homogeneidade foi caracterizada pela amplitude relativa, ou valor SPAN, calculado de acordo com a Equação 1.

$$SPAN = \frac{Dv_{0,9} - Dv_{0,1}}{Dv_{0,5}} \quad (1)$$

em que:

SPAN = amplitude relativa (adimensional);

Dv_{0,9} = diâmetro da gota abaixo da qual concentra-se 90% do volume total (µm);

Dv_{0,1} = diâmetro da gota abaixo da qual concentra-se 10% do volume total (µm); e,

Dv_{0,5} = diâmetro da gota abaixo da qual concentra-se 50% do volume total (µm).

O diâmetro e o volume médio das gotas para o

cálculo do SPAN foram obtidos por meio de um analisador a laser de partículas da marca Malvern Instruments Ltda., modelo Spraytec, com lente focal de 750 mm (**Figura 1**).



Figura 1. Analisador de partículas a ser utilizado no experimento. (Fonte: www.malvern.com).

Os dados foram analisados por meio de regressão linear simples, sendo os modelos escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t, adotando-se um nível de 1% de probabilidade, e no coeficiente de determinação. Para a realização dos procedimentos estatísticos foi utilizado o programa computacional R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **figura 2** estão apresentados os modelos ajustados e suas respectivas curvas para avaliar o comportamento da homogeneidade do espectro de gotas em função da pressão de operação. Excetuando-se a ponta JSF 110015, a pressão de operação apresentou efeito linear, positivo e significativo na amplitude relativa (SPAN).

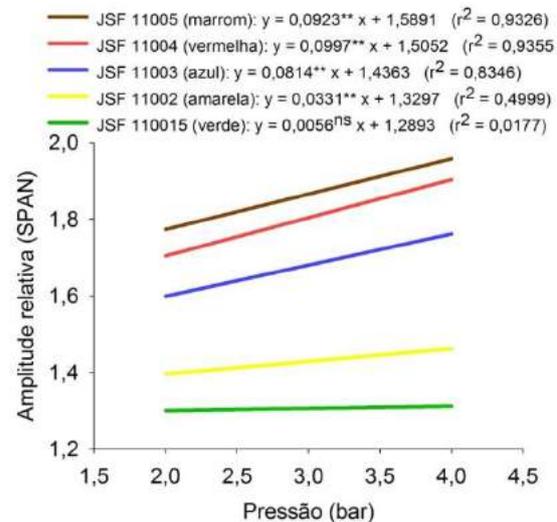


Figura 2. Equações ajustadas para descrever a amplitude relativa (SPAN) das pontas em função da pressão de trabalho. ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

O aumento da pressão causa uma redução no diâmetro das gotas, porém a redução do diâmetro da gota abaixo da qual se concentra 90% do volume total ($Dv_{0,9}$) reduz numa taxa percentual menor que o diâmetro da gota abaixo da qual concentra-se 10% do volume total ($Dv_{0,1}$) e o diâmetro da gota abaixo da qual concentra-se 50% do volume total ($Dv_{0,5}$), tal como exemplificado na **figura 3** para a ponta JSF 11005. Essas diferenças nas taxas de redução fazem com que o numerador da equação para determinar o SPAN seja proporcionalmente maior que o denominador com o aumento da pressão. O comportamento do fenômeno estudado condiz com os resultados encontrados por Fernandes et al. (2007).

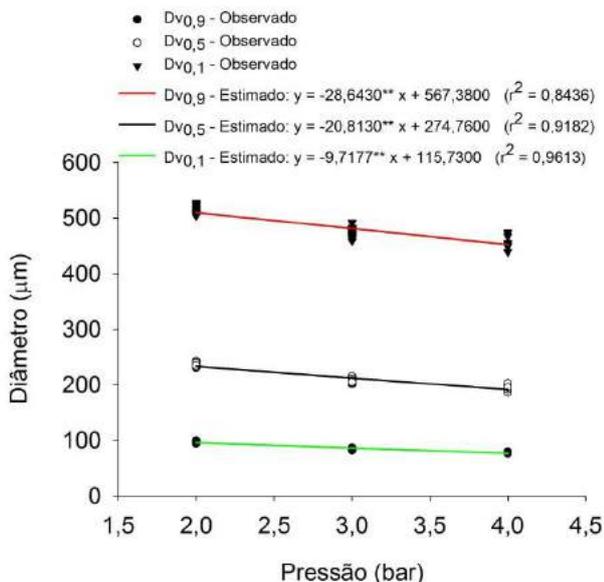


Figura 3. Valores observados e equações ajustadas para descrever o comportamento do $Dv_{0,9}$, $Dv_{0,5}$ e $Dv_{0,1}$ da ponta JSF 11005, em função da pressão de operação. ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

Os resultados indicam que o espectro de gotas formado pelas pontas hidráulicas fica heterogêneo com o acréscimo da pressão de operação. Esse comportamento apresenta o potencial de reduzir a eficiência da aplicação de defensivos, em detrimento de alterar a cobertura e a densidade de gotas depositadas no alvo (STEFANELO et al., 2014).

CONCLUSÕES

O acréscimo da pressão reduz o diâmetro das gotas formadas pela ponta hidráulica de pulverização.

O $Dv_{0,9}$ reduziu 11,23% quando a pressão passou de 2 para 4 bar.

O $Dv_{0,5}$ reduziu 17,8% quando a pressão passou de 2 para 4 bar.

O $Dv_{0,1}$ reduziu 20,18% quando a pressão passou de 2 para 4 bar.

Todas as pontas avaliadas apresentaram aumento do valor SPAN com o acréscimo da pressão de operação.

REFERÊNCIAS

CUNHA, J. P. A. R.; RUAS, R. A. A. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas depulverização de jato plano duplo com indução de ar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 36(1): p. 61-66, 2006.

DUJESHWER, K.; RAJENDRA, L.; THAKUR, C. L.; PATEL, B.; GHIRTLAHRE, S. Effect of combined use of herbicide and insecticide on leaf miner (*Apromema modicella*), weed control efficiency, yield attributes and yield of soybean. **Journal of Soils and Crops**, Nagpur, v. 25, n. 2, p. 281-284, 2015.

FERNANDES, A. P.; PARREIRA, R. S.; FERREIRA, M. C.; ROMANI, G. N. Caracterização do perfil de deposição e do diâmetro de gotas e otimização do espaçamento entre bicos na barra de pulverização. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 728-733, dez. 2007.

MACIEL, C. F. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R. Droplet spectrum at different vapour pressure deficits1. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 41-46, 2016.

STEFANELO, M. S.; SARI, B. G.; LENZ, G.; ARRÚE, A.; PES, M. P.; COSTA, I. F. D. da. Caracterização da pulverização de fungicida na cultura do trigo com pontas hidráulicas e atomizadores rotativos de discos. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 5, p. 1012-1018, out. 2014.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, M. C.; TEIXEIRA, M. M.; ROSELL, J. R.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, A. F. L. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, v. 28, p. 439-446, 2010.

WISE, J. C.; JENKINS, P. E.; SCHILDER, A. M. C.; VANDERVOORT, C.; ISAACS, R. Sprayer type and water volume influence pesticide deposition and control of insect pests and diseases in juice grapes. **Crop Protection**, v. 29, n. 4, p. 378-385, 2010.

ZHAO, H.; XIE, C.; LIU, F.; HE, X.; ZHANG, J.; SONG, J. Effects of sprayers and nozzles on spray drift and terminal residues of imidacloprid on wheat. **Crop Protection**, v. 60, p. 78-82, 2014.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

AUMENTO DA PRODUÇÃO DE FRUTOS COM USO DE COBERTURA DO SOLO

Caio Vieira de Moraes¹, Gustavo Henrique da Silva³, Fernando França da Cunha³, Thiago Ferreira Rodrigues¹, Patrick Ágton de Oliveira², Igor Boninsenha¹, Filliph Gomes Palma², Francisco Cássio Gomes Alvino³, Santos Henrique Brant Dias³, Igor Lopes de Faria², Silvio Bueno Pereira⁴, Derly José Henriques da Silva⁴, Caetano Marciano de Souza⁴

¹Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mails: caio.morais95@gmail.com, thiagof.agro@outlook.com, iboninsenha@gmail.com; ²Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. e-mails: patrick.agton@ufv.br, filliph.palma@gmail.com, igorbenks@gmail.com; ³discente de pós-graduação Engenharia Agrícola- UFV. e-mails: dasilva.h.gustavo@gmail.com, cassioalvino@hotmail.com, santosdiasagro@gmail.com; ⁴Professor do Curso de Agronomia - UFV. e-mails: fernando.cunha@ufv.br, silviopereira@ufv.br, derly@ufv.br, cmsouza@ufv.br

RESUMO: O uso de cobertura do solo e sistemas de irrigação localizada tem proporcionado aumento significativo da produtividade das culturas, sobretudo em regiões áridas e semiáridas. Entretanto, a cobertura do solo provoca a produção de resíduos plásticos que uma parte fica no solo e que encontram dificuldades para serem degradados. Neste sentido, a busca por outros materiais que sejam biodegradáveis possui grande importância. Portanto, objetivou-se estudar os efeitos de diferentes tipos de coberturas de solo sobre produção de frutos por planta da abobrinha irrigada com dois perfis de molhamento. O experimento foi realizado na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão - Horta Velha da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG entre 18/08/2017 e 31/10/2017. A cultura adotada foi a abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) cultivar PX7051 e o cultivo foi realizado a céu aberto. O delineamento estatístico adotado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 4x2 (quatro coberturas do solo e dois perfis de molhamento) com seis repetições. As coberturas estudadas foram filme plástico de polietileno preto e branco e papel reciclado. Como testemunha houve um tratamento sem cobertura. A variável avaliada foi a produção de frutos em kg por planta. Somente foi observado efeito significativo do fator cobertura do solo. Os tratamentos com as coberturas do solo plásticas, branco e preto, foram superiores às demais e se equiparam entre si estatisticamente. O tratamento com a cobertura de papel teve o mesmo desempenho que o tratamento testemunha. Para aumento de produção por planta recomenda-se as coberturas plásticas, preto e branco.

Palavras-Chave: economia de água, fotossíntese, papel reciclado, polietileno, solo

INTRODUÇÃO

As atividades relacionadas a agropecuária utilizam grandes volumes de água. Estima-se que este volume seja 75% da água utilizada (ANA, 2016). A cobertura do solo com filme plástico é a estratégia mais eficaz em economizar e elevar a eficiência no uso da água, sobretudo em regiões áridas (YANG et al., 2015). E o uso em conjunto com a irrigação por gotejamento promove maior movimento horizontal da água e diminui a percolação, favorecendo a exploração radicular pelas culturas (ALMEIDA, 2012).

Com a presença da cobertura do solo há uma mudança na distribuição espectral da luz e aumenta o saldo de radiação da superfície, favorecendo ao aumento do índice de área foliar e da taxa fotossintética, promovendo um desempenho fotomorfogenético, que melhoram o desenvolvimento das plantas, e como consequência, se observa uma maior produtividade e a qualidade dos alimentos (SCHIMEL et al., 2010; BALLARÉ et al., 1995).

Além disto, a energia em forma de calor armazenada no solo pela inibição do processo de evaporação da água proporciona um desenvolvimento mais rápido das plantas, formando os sistemas radicular e aéreo mais vigorosos e, como consequência, se alcança maiores produtividades (YAGHI et al., 2013; YANG et al., 2015).

No entanto, uso de plásticos como cobertura do solo gera resíduos, que causam problemas ambientais devida à dificuldade para reutilização e



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

reciclagem desse material e contaminação do solo. Neste sentido, a busca por materiais que sejam biodegradáveis, como a celulose, torna-se uma excelente alternativa. Contudo, são escassas as pesquisas que demonstrem o potencial destes materiais.

Diante do exposto, objetivou-se estudar os efeitos de diferentes tipos de coberturas de solo sobre a produção de frutos por planta da abobrinha irrigada com dois perfis de molhamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o trabalho foi escolhida uma área na UEPE (Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão) - Horta Velha, situada no campus Viçosa da Universidade Federal de Viçosa (20° 45' 14" S, 42° 52' 53" W e 649 m), entre 18/08/2017 a 31/10/2017. A cultura adotada foi a abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) cultivar PX7051 e o cultivo foi realizado a céu aberto.

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 4 x 2 (4 tipos de cobertura de solo x 2 perfis de molhamento) no delineamento em blocos casualizados com seis repetições. Cada unidade experimental foi formada por três fileiras contendo seis plantas cada uma. Adotou-se como útil somente a linha central para evitar interferência dos tratamentos adjacentes.

As coberturas do solo estudadas foram filme plástico de polietileno preto (PR) e branco (BR) com espessura de 25 µm e papel reciclado (PA) com espessura de 40 µm. Como testemunha houve um tratamento sem cobertura (N). As coberturas cobriram, aproximadamente, 70% da superfície do solo. Nas coberturas foram feitos orifícios de 7 cm de diâmetro para crescimento da planta. A semeadura foi realizada diretamente no campo em 18/08/2017 e as falhas foram replantadas com mudas feitas em bandejas com células de 50 cm³. O espaçamento adotado foi de 1,0 por 0,5 m.

Os perfis de molhamento impostos pelo sistema de irrigação proporcionaram uma área molhada de 50 (A1) e 70% (P2). Para isto, as fitas gotejadoras operaram com intensidade de aplicação de 4,57 e 21,22 mm h⁻¹ e coeficientes de distribuição de 85,95 e 91,42%, respectivamente. As lâminas aplicadas foram 181 e 178, 177 e 184, 192 e 194 e 250 e 280 mm por ciclo para os tratamentos BR, PR, PA e N nos perfis P1 e P2, respectivamente.

A lâmina de irrigação foi determinada com base na metodologia de Allen et al. (2006) em que se calculou a evapotranspiração da cultura com base nas variáveis climáticas obtidas de uma estação agrometeorológica modelo E500. Para melhor controle da irrigação foram coletadas amostras de

solo semanalmente para obtenção da umidade pelo método padrão de estufa (Bernardo et al., 2006).

As propriedades físico-químicas do solo eram capacidade de campo: 55,6 m³ m⁻³; ponto de murcha: 37,8 m³ m⁻³; pH em H₂O: 5,8; P: 87,8 mg dm⁻³; K: 152 mg dm⁻³; Ca⁺²: 4,2 cmol_c dm⁻³; Mg⁺²: 0,9 cmol_c dm⁻³; H + Al: 0,9 cmol_c dm⁻³; V: 61%; CTC potencial: 9,0 cmol_c dm⁻³; MO: 3,22 dag dm⁻³. As correções químicas foram baseadas nas recomendações de Trani et al. (2014).

Foi avaliado a produção de frutos por planta em kg por planta. A colheita foi realizada diariamente e colheu-se somente os frutos com comprimento de, aproximadamente, 20 cm.

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância e posteriormente feito a comparação de médias pelo teste de Skott-Knott a 0,05 de probabilidade com auxílio do programa estatístico R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De posse dos dados de produção de frutos por planta e realizando a análise estatística, fica evidenciado a interferência na variável pelos diferentes tratamentos. Dentre os fatores observados nota-se que a interação dos fatores cobertura do solo e vazão não foram significativos. Enquanto que, o fator cobertura apresentou efeito significativo na variável estudada (**Quadro 1**).

Quadro 1. Quadrado médio da análise de variância para produção de frutos por planta. UFV, 2017.

Fonte de Variação	Quadrado Médio
Bloco	0,4568 ^{ns}
Cobertura do solo	3,2255**
Vazão	0,2287 ^{ns}
Cobertura do solo*Perfil	1,7086 ^{ns}
Resíduo	0,7257
CV (%)	17,69

** e ^{ns}: Significativo e não significativo pelo teste F (p<0,05).

Considerando apenas o fator cobertura do solo o **Quadro 2** expõe que o uso de cobertura do solo na cultura da abobrinha italiana resultou em aumento significativo na produtividade. Sendo que, as coberturas plásticas, branco e preto, foram superiores às demais e se equiparam entre si estatisticamente. O tratamento com a cobertura de papel teve o mesmo desempenho que o tratamento testemunha, ambos apresentando menor produção de frutos (**Quadro 2**).



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Quadro 2. Teste de médias para produção por planta de frutos de abobrinha italiana em relação as coberturas do solo. UFV, 2017.

Cobertura	BR	PR	PA	N
Média	5,45 a	4,96 a	4,54 b	4,22 b

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si para o teste Skott-Knott ($P < 0,05$).

Provavelmente, os filmes plásticos, branco e preto, alterarão o balanço de radiação da superfície e a distribuição espectral da luz favorecendo as características fotossintéticas e morfológicas das plantas, resultando em maior produção de frutos, como relatam SCHIMEL et al. (2010) e BALLARÉ et al. (1995).

Na cultura da melancia o uso da cobertura do solo de polietileno aumentou significativamente a produtividade total, independente da coloração do plástico (DANTAS et al., 2011). Já na cultura do melão, o plástico de coloração marrom e prata proporcionaram maior produtividade que o plástico de coloração preto e amarelo (CÂMARA et al., 2007).

Estes trabalhos evidenciam que cada cultura possui um coloração de plástico mais adequada. Provavelmente, está relacionado ao balanço de radiação, distribuição da luz e temperatura do solo (BALLARÉ et al., 1995; SCHIMEL et al., 2010; YAGHI et al., 2013; YANG et al., 2015;).

CONCLUSÕES

A efetividade no aumento da produção de frutos por planta com o emprego das coberturas testadas foram diferentes.

Ambas as coberturas de polietileno podem ser recomendadas para a cultura da abobrinha italiana para aumento da produção de frutos.

O papel reciclado possui menor potencial de produção em relação às outras coberturas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro, à Universidade Federal de Viçosa por disponibilizarem a estrutura utilizado no experimento e aos membros do GESAI e funcionários que auxiliaram na execução das atividades. À Pretoisa irrigação e a Electroplastic pelas doações dos materiais de irrigação e do filme plástico.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. F. **Gotejamento por pulsos e cobertura do solo na formação do bulbo molhado e produtividade da alface americana.** 2014. 80p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2014.

ANA - Agencia Nacional de Águas. Disponível em <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf>>. Acessado em 09 de novembro de 2017.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo:** Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: Estudio FAO Riego y Drenaje 56, 2006. 323p.

BALLARÉ, C. L.; SCOPEL, A. L.; SÁNCHEZ, R. A. Plant photomorphogenesis in canopies, crop growth, and yield. **HortScience**, v. 30, p. 1172-1181, 1995.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação.** 8.ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 625p.

CÂMARA, M. J. T.; NEGREIROS, M. D.; MEDEIROS, J. D.; BEZERRA NETO, F.; BARROS JÚNIOR, A. P. Produção e qualidade de melão amarelo influenciado por coberturas do solo e lâminas de irrigação no período chuvoso. **Ciência Rural**, v. 37, p. 58-63, 2007.

DANTAS, M. S.; GRANGEIRO, L. C.; DE MEDEIROS, J. F.; CRUZ, C. A.; DA CUNHA, A. Rendimento e qualidade de melancia cultivada sob proteção de agrotêxtil combinado com mulching plástico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v 17, p. 824-829, 2013.

SCHIMEL, David S. Drylands in the earth system. **Science**, v. 327, n. 5964, p. 418-419, 2010.

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; ARAÚJO, H. S. **Calagem e adubação da abobrinha italiana (de moita) (Cucurbita pepo), abóbora brasileira (Cucurbita moschata), moranga (Cucurbita pepo), abóbora brasileira (Cucurbita moschata), moranga (Cucurbita maxima) e abóbora japonesa (híbrida).** Campinas: Instituto agrônômico, centro de horticultura, campinas. 2014. 8p.

YAGHI, T.; ARSLAN, A.; NAOUM, F. Cucumber (Cucumis sativus, L.) water use efficiency (WUE) under plastic mulch and drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 128, p. 149-157, 2013.

YANG, N.; SUN, Z. X.; FENG, L. S.; ZHENG, M. Z.; CHI, D. C.; MENG, W. Z.; LI, K. Y. Plastic film mulching for water-efficient agricultural applications and degradable films materials development research. **Materials and Manufacturing Processes**, v. 30, p. 143-154, 2015.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESÍDUOS DE PODA URBANA

Letícia Costa Peres¹, Clarissa Gusmão Figueiró², Lucas de Freitas Fialho², Carlos Miguel Simões da Silva², Êmilly Wakim de Almeida¹, Welliton Lelis Cândido⁶, Angélica de Cassia Oliveira Carneiro³

¹Discente de graduação em Engenharia Florestal - UFV. e-mail: leticiacostaperes@hotmail.com; wakimemilly@gmail.com; ²Discente de pós-graduação em Ciência Florestal - UFV. e-mail: clarissagfigueiro@gmail.com; l.freitasfialho@gmail.com; karmiguel@yahoo.com.br; welliton.florest@gmail.com; ³Professor do Curso de Engenharia Florestal - UFV cassiacarneiro1@gmail.com;

RESUMO: Foram utilizados três materiais proveniente de resíduos de poda urbana do campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, classificados de acordo com a sua densidade básica. Foram avaliados a densidade básica, o poder calorífico superior (PCS) e a densidade energética. Os valores de densidade básica variaram entre 0,700 e 0,529 g/cm³, os PCS variaram entre 4784 e 4716,5 Kcal/Kg, e os de densidade energética entre 14020,76 e 10491,59 MJ/m³. Conclui-se que estes materiais se apresentaram potenciais para a utilização na geração de energia e utilização como combustível em sistemas *co-firing* com capacidade de diminuir a emissão de gases do efeito estufa (GEE).

Palavras-Chave: biomassa, *co-firing*, gases de efeito estufa

Uma fonte potencial de energia são os resíduos de poda urbana. O gerenciamento destes resíduos demanda recursos financeiros e áreas para sua disposição, ainda apresentando um grande risco de incêndios em aterros, e poluição do ar e da água. (Meira, 2010)

A biomassa é carbono neutra, uma vez que a biomassa em crescimento absorve o CO₂ emitido durante a sua queima. Devido à baixa quantidade de enxofre, o uso do material em sistemas *co-firing* reduz a emissão de enxofre (SO₂), nitrogênio (NO₂) e dióxido de carbono por unidade de energia produzida quando comparada a energia produzida apenas com carvão mineral (Roni et al., 2017)

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial energético de três resíduos de poda com diferentes densidades.

INTRODUÇÃO

A matriz energética mundial encontra-se dependente de combustíveis fósseis. As emissões do setor de energia, que representava apenas 7,9% das emissões em 2004, passou para 23,6% em 2015 (SEEG, 2017)

O Brasil se comprometeu no acordo de Paris em diminuir as emissões em 37% abaixo do nível de 2005 até 2025. Para tanto, o país se comprometeu em aumentar a participação da bioenergia na sua matriz energética até 2030 em aproximadamente 18% e alcançar a participação de 45% de energias renováveis em sua matriz energética até 2030. (Brasil, 2015)

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados três resíduos de poda do campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, que foram classificados de acordo com a sua densidade básica (NBR 11941:2003)

Foi realizada análise de poder calorífico superior (PCS) de acordo com a norma NBR 8633:1984. O material foi moído e peneirado com a granulometria entre 40 e 60 mesh, e o resultado foi obtido utilizando o calorímetro IKA C200.

Foi calculada a densidade energética dos materiais multiplicando os valores de PCS e densidade básica.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resíduos foram classificados de acordo com a sua densidade básica em ordem decrescente:

Tabela 1. Densidade básica dos materiais.

	Densidade básica (g/cm ³)
Resíduo 1	0,700 a
Resíduo 2	0,550 b
Resíduo 3	0,529 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si de acordo com Tukey, a 5% de significância.

O Resíduo 1 apresentou a maior densidade, seguido dos Resíduos 2 e 3 que apresentaram valores estatisticamente iguais.

Os valores encontrados de poder calorífico superior (PCS) foram:

Tabela 2. Poder calorífico superior dos materiais.

	PCS (Kcal/Kg)
Resíduo 1	4784,0 a
Resíduo 2	4716,5 a
Resíduo 3	4737,0 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si de acordo com Tukey, a 5% de significância.

Os materiais analisados apresentaram valores de PCS semelhantes entre si. Os resultados foram maiores que os apresentados por outros autores para *Eucalyptus* spp., madeira de reflorestamento mais abundante no país e muito utilizada para geração de energia, principalmente carvão vegetal. Os valores encontrados para Torres et al. (2016), variaram entre 4576 a 4631 Kcal Kg⁻¹ para híbridos *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis* e para Pereira et al. (2012) variaram entre 4507 e 4595,4 Kcal Kg⁻¹ para diversos materiais de *Eucalyptus* spp.

Os valores encontrados de densidade energética foram:

Tabela 3. Densidade energética calculada para cada material.

	Densidade energética (MJ/m ³)
Resíduo 1	14020,76
Resíduo 2	10860,87
Resíduo 3	10491,59

Observa-se que nos materiais utilizados neste estudo o Resíduo 1 possui a maior densidade energética seguido pelos Resíduos 2 e 3,

respectivamente. Devido aos valores próximos de PCS, os materiais que apresentaram a maior densidade básica também apresentaram a maior densidade energética.

Devido aos valores equivalentes de densidade e PCS retratados pelos Resíduos 2 e 3, uma alternativa seria o uso conjunto destes materiais, permitindo uma maior quantidade de material a ser utilizado sem prejudicar a eficiência do processo.

A queima da biomassa em sistemas *co-firing* é atrativa para a geração de energia tanto econômica quanto ambientalmente. Segundo Roni et al. (2017), o uso de biomassa *co-firing* requer um baixo investimento, menor que as outras alternativas para o uso da biomassa, e é uma forma interessante de reduzir a emissão de gases do efeito estufa.

O Brasil possui uma produção considerável de biocombustíveis, no entanto, ainda há pouca biomassa sendo utilizada em sistemas *co-firing* (Roni et al. 2017). É importante estudos que mostram formas de utilizar recursos economicamente viáveis para ser utilizados nestes sistemas, levando em consideração políticas e desafios locais.

CONCLUSÕES

Conclui-se que os resíduos de poda são materiais subutilizados, com potencial para geração de energia em sistemas *co-firing*, diminuindo a emissão de gases de efeito estufa.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Painéis e Energia da Madeira (LAPEM) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633: Carvão vegetal: determinação do poder calorífico.** Rio de Janeiro, 1984. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941: Madeira: determinação da densidade básica.** Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para consecução do objetivo da convenção-quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.** Brasília, 2015. 10 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/convencao/indc/BRASIL_indc_portugues.pdf>. Acesso em: 06 de novembro de 2017.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

MEIRA, A. M. **Gestão de resíduos de arborização urbana**. Dissertação (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2010.

PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. C. O. C.; SANTOS, L. C.; VITAL, B. R. QUALITY OF WOOD AND CHARCOAL FROM EUCALYPTUS CLONES FOR IRONMASTER USE. **International Journal of Forestry Research**, v. 2012, 8 p., 2012.

RONI, M. S.; CHOWDHURY, S.; MAMUN, S.; MARUFUZZAMAN, M.; LEIN, W.; JOHNSON, S. BIOMASS CO-FIRING TECHNOLOGY WITH POLICIES, CHALLENGES, AND OPPORTUNITIES: A GLOBAL REVIEW. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 78, p. 1089–1101, 2017.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Emissões dos setores de energia, processos industriais e uso de produtos**. 95 p. 2017. Disponível em: < <http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2017/09/Relatorios-Seeg-2017-Energia-final.pdf>> Acesso em: 06 de novembro de 2017.

TORRES, C. M. M. E.; OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C.; JACOVINE, L. A. G.; NETO, S. N. O.; CARNEIRO, A. C. O. C.; TORRES, C. M. M. E.; ESTIMATIVAS DA PRODUÇÃO E PROPRIEDADES DA MADEIRA DE EUCALIPTO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, p. 137-148, 2016.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

UTILIZAÇÃO DE GASES COMBUSTOS DA BIOMASSA PARA SECAGEM DA MADEIRA

Letícia Costa Peres¹, Clarissa Gusmão Figueiró², Lucas de Freitas Fialho², Welliton Lelis Cândido², Êmilly Wakim de Almeida¹, Angélica de Cassia Oliveira Carneiro³

¹Discente de graduação em Engenharia Florestal - UFV. e-mail: Wakimemilly@gmail.com; leticiacostaperes@hotmail.com; ²Discente de mestrado em Ciência Florestal - UFV. e-mail: clarissagfigueiro@gmail.com; l.freitasfialho@gmail.com; welliton.florest@gmail.com;

³Professora do curso de Engenharia Florestal - UFV. e-mail: cassiacarneiro1@gmail.com

RESUMO: O processo de carbonização quando realizado com matérias-primas com elevados teores de umidade pode impactar negativamente na produção de carvão vegetal, gerando perdas no rendimento gravimétrico e aumento da emissão de gases nocivos ao ambiente. Uma alternativa a este problema é o emprego de secadores de madeira. O objetivo do presente estudo foi analisar a viabilidade técnica de um secador de madeira na produção de carvão vegetal. Utilizou-se duas classes de diâmetro de *Eucalyptus* sp. A secagem da madeira foi realizada durante 72 horas, com temperatura média de admissão de gases combustos entre 100 e 150°C. Ocorreram perdas térmicas significativas nas tubulações do transporte de gases combustos e na estrutura do secador, o que pode ter prejudicado o aquecimento da estrutura do secador e consequentemente a secagem da madeira. Não houve efeito da classe de diâmetro estabelecida neste trabalho na perda de umidade da madeira. Ocorreu uma maior redução da umidade nas toras posicionadas nas partes superior da pilha. O posicionamento das mesmas na região próxima à zona de distribuição dos gases combustos no interior do secador propiciou maiores perdas de umidade.

Palavras-Chave: Carbonização, *Eucalyptus* sp., Umidade

INTRODUÇÃO

A madeira com um alto teor de umidade pode aumentar o ciclo de carbonização e reduzir o rendimento gravimétrico em carvão vegetal, uma vez que parte da energia disponível no sistema será direcionada para secagem superficial da madeira. Além disso, elevados teores de umidade acarretam em um aumento na emissão dos gases dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrogênio e metano (Canal et al., 2017; Yang et al., 2015; Arruda et al., 2011).

Uma possível fonte de calor que pode ser

aproveitada em secadores são os gases combustos liberados durante os últimos estágios da carbonização. Através de um sistema de queima de gases da carbonização, pode-se direcionar tais gases combustos para o interior do secador. Este processo pode representar uma alternativa atrativa de aproveitamento energético para empresas do setor, além de garantir que os gases de efeito estufa não sejam liberados ao ambiente (Pereira et al., 2017; Carneiro et al., 2012).

É muito comum na literatura trabalhos com intuito de avaliar o impacto da velocidade de secagem na qualidade de produtos madeiros. Porém existem poucos estudos sobre a aplicação em grande escala da secagem em unidades produtoras de carvão vegetal. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade técnica e econômica de um secador metálico de madeira para ser empregado na produção de carvão vegetal.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido na unidade de produção de carvão vegetal (UPE) localizada no município de Martinho Campos – MG. O clima da região é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por verões úmidos e invernos secos, com temperatura média anual entre 19,8 e 25,3°C, e precipitação média anual de 1.400 mm (Gomide et al., 2008).

Matéria prima

Utilizou-se madeira de *Eucalyptus* sp., aproximadamente 240 m³, sendo 140 m³ em cada processo de secagem, provenientes de plantios com idade entre 7 e 8 anos. O comprimento aproximado das toras utilizadas foi de 3,0 metros.

Sistema de fornecimento de gás combusto para o interior do secador

Os gases combustos utilizados para secagem



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

foram provenientes da combustão de resíduos de colheita. Tais resíduos eram direcionados para um queimador e posteriormente os gases resultantes da queima da biomassa foram conduzidos para uma câmara de combustão.

Os gases combustos foram conduzidos até o secador através de um duto metálico com 0,30 m de diâmetro interno e de 33 m de comprimento utilizando-se um exaustor de 25 cv de potência. Para a construção do duto foram utilizadas chapas de aço galvanizadas com 1,25 mm de espessura. A tubulação não dispunha de isolamento térmico.

Secagem artificial da madeira

O secador foi construído com chapa galvanizada de 2,00 mm, estruturado em perfil quadrado, paredes de 40 mm de espessura com isolamento térmico feito com manta de fibra cerâmica aluminada, com densidade de 160 kg/m³ e espessura de 38,10 mm.

No interior do secador foram instalados ventiladores axiais, visando facilitar a circulação dos gases combustos no interior do secador, homogeneizando e acelerando o processo de secagem. A secagem da madeira foi realizada durante 72 horas. A temperatura média de admissão dos gases para dentro do secador foi definida de acordo com Cardoso (2015), sendo utilizado valores entre 100 e 150°C.

Foram dispostas duas pilhas de madeira dentro do secador, tendo altura máxima de 4,0 m, largura de 3,0 m (correspondente ao comprimento das toras), distante 2 metros uma pilha da outra.

Para obter o perfil de temperaturas do secador, foram estabelecidos 28 pontos de monitoramento distribuídos ao longo do secador, sendo 8 localizados em cada uma das portas, 2 em cada uma das laterais, 4 na copa e três na tubulação de condução dos gases quentes.

Distribuição diamétrica e determinação da umidade da madeira

As madeiras utilizadas foram divididas em duas classes de diâmetro, Classe I (10 a 15 cm de diâmetro) e Classe II (15 a 18 cm de diâmetro).

Para obter o perfil da umidade no interior do secador, a pilha de madeira foi dividida em 4 estratos e 3 alturas por estrato. Para cada interseção entre os estratos e altura foram utilizadas 2 amostras (toras de madeira) controle de menor diâmetro e 2 amostras controle de maior diâmetro, totalizando 96 unidades amostrais.

Para determinação da umidade em base seca (Eq.1 e 2), as amostras de controle de madeira foram pesadas, individualmente, antes e depois da secagem. Ao final do processo foram retirados, de cada amostra (tora), três discos ao longo do seu

comprimento, sendo um disco no centro e os outros dois equidistantes 50% do centro para a extremidade. O teor de umidade foi determinado pelo método da estufa (NBR 14929:2003) a 103±2°C até massa constante.

$$M_s = M_d / (1 + (U_f / 100)) \quad (1)$$

Em que: Ms = massa seca estimada da tora (amostra controle) (kg); Md = massa da tora (amostra controle) depois da secagem (kg); Uf = Umidade média dos discos (%).

$$U_i = ((M_i - M_s) / M_s) * 100 \quad (2)$$

Em que: Ui = umidade inicial estimada (%); Mi = massa da tora de madeira antes da secagem (kg); Ms = massa seca estimada da tora de madeira (kg).

Os dados foram submetidos aos testes de Lilliefors, para testar a normalidade, e Cochran, para testar a homogeneidade das variâncias. Em seguida os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), para verificação das diferenças existentes entre as classes de diâmetro e posição no secador. Quando estabelecidas diferenças significativas entre eles, aplicou-se o teste Tukey em nível de 95% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **figura 1** são apresentados a perda de umidade da madeira em função da classe de diâmetro com seu respectivo desvio-padrão.

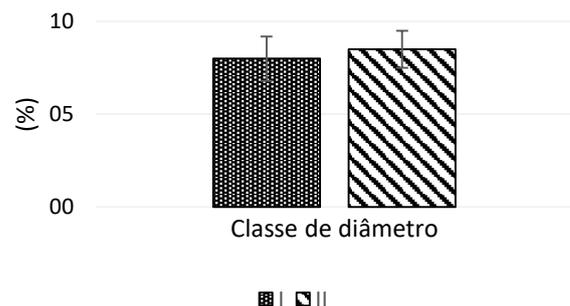


Figura 1. Perda de umidade em função da classe de diâmetro.

Observa-se que a perda de umidade em função da classe de diâmetro não apresentou diferenças significativas entre si. O efeito do diâmetro na secagem da madeira em toras de eucalipto foi verificado por Zanuncio et al., (2013) e Oliveira et al., (2017). Tais autores observaram que menores diâmetros obtiveram maiores taxas de secagem, em relação ao verificado para as toras de maior diâmetro. O presente estudo não apresentou

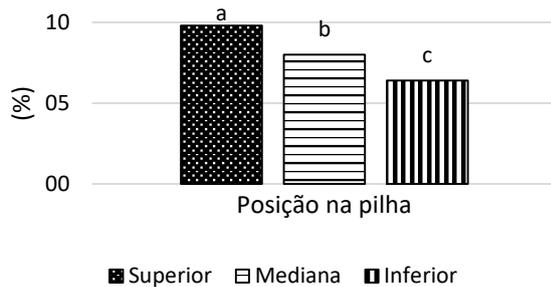


II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

resultados que corroborem com estes estudos. Provavelmente o diâmetro médio entre as classes estabelecidas neste trabalho tiveram valores similares, justificando assim a semelhança estatística entre as classes.

A perda de umidade em função na altura da pilha de madeira está apresentada na **figura 2**.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Figura 2. Perda de umidade em função da altura na pilha de madeira.

Na parte superior da pilha de madeira houve uma maior redução de umidade em relação a parte inferior e mediana da mesma. Na parte superior da pilha de madeira ocorre o primeiro contato entre os gases combustos e a madeira. Neste primeiro contato o gás combusto já perde parte de sua energia para a retirada de água da madeira, fazendo com que ao chegar a parte inferior do secador já houve uma redução drástica da temperatura do gás.

CONCLUSÕES

A secagem da madeira permitiu a redução de umidade em todas as posições da pilha de madeira, contudo houve maior perda nas regiões superiores, onde ocorreu maior contato com os gases combustos, sendo que a classe de diâmetro não influenciou na redução de umidade da madeira no sistema de secagem.

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo Temático de Carvão Vegetal "G6", a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Florestas).

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14929: Madeira: determinação da densidade básica.** Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ARRUDA, T. P. M.; PIMENTA, A. S.; VITAL, B. R.; LUCIA, R. M. D.; ACOSTA, F. C. AVALIAÇÃO DE DUAS ROTINAS DE CARBONIZAÇÃO EM FORNOS RETANGULARES. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 35, p. 949-955, 2011.

CANAL, W. D.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; PEREIRA, B. L. C.; DONATO, D. B. EFEITO DO TEOR DE UMIDADE DA MADEIRA NA EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO PROCESSO DE CARBONIZAÇÃO. *Scientia Florestalis*. v. 44, 2016.

CARDOSO, M.T. Secagem de toras para produção de carvão vegetal utilizando a queima de gases de carbonização. 2015. Tese de doutorado – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – Minas Gerais.

CARNEIRO, A. C. O.; LANA, A. Q.; OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C., SALLES, T. C. Estudo da viabilidade técnica e econômica da produção de carvão vegetal em fornos circulares com baixa emissão de poluentes. **Centro de Pesquisas em Economia Aplicada – CEPEA/ESALQ.** Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária – CNA. Viçosa, MG. 2012.

GOMIDE, L. R.; SCOLFOR, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. ANÁLISE DAS ESTRUTURAS DIAMÉTRICAS E HIPSOMÉTRICAS DE FRAGMENTOS FLORESTAIS LOCALIZADOS NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO, EM MINAS GERAIS. *Floresta*, v. 39, 2009.

OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C.; CARNEIRO, A. C. O.; FIALHO, L. F.; FIGUEIRÓ, C. G.; VITAL, B. R.; MAGALHÃES, M. A.; EUCALYPTUS LOGS DRYING AT HIGH TEMPERATURES. *Revista Árvore*, vol. 41, 2017.

PEREIRA, E.G.; MARTINS, M.A.; PECENKA, R.; CARNEIRO, A.C.O. PYROLYSIS GASES BURNERS: SUSTAINABILITY FOR INTEGRATED PRODUCTION OF CHARCOAL, HEAT AND ELECTRICITY. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 75, p. 592-600, 2017.

YANG, H.; YAN, R.; CHEN, H.; LEE, D.H.; ZHENG, C. CHARACTERISTICS OF HEMICELLULOSE, CELLULOSE AND LIGNIN PYROLYSIS. *Fuel*, v. 86, p. 1781-8, 2007

ZANUNCIO, A. J. V.; LIMA, J. T.; MONTEIRO, T. C.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, F. S. SECAGEM AO AR LIVRE DA MADEIRA PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL. *Floresta e Ambiente*. Disponível em: <http://www.floram.org/files/v0n0/aop_floram_028713.pdf>. Acesso em: 18 de setembro de 2017.



ANÁLISE DO POTENCIAL DE CONVERSÃO DE ALGUNS RESÍDUOS AGRÍCOLAS EM ENERGIA

Rogério Silva Ribeiro Jr.¹, Natalia dos Santos Renato²

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista do PET.EAA. e-mail: rogerio.ribeiro@ufv.br

² Professora Adjunta do DEA e-mail: natalia.renato@ufv.br

Resumo: Atualmente existe uma demanda crescente de formas alternativas, sustentáveis e eficientes de energia. Analisando-se o quadro de nosso país, com grande desenvolvimento do agronegócio e assim levando-se em conta a grande quantidade de resíduos nas atividades, se torna interessante à ideia de aproveitar esta biomassa como energia. Um fator importante quando pretende-se estudar a biomassa como fonte de energia é o poder calorífico que é a quantidade de energia disponível no combustível por unidade de massa. No presente trabalho objetivou-se em fazer um levantamento e analisar dados encontrados na literatura, com relação ao poder calorífico e as variáveis que o influenciam. Foram analisados 13 tipos diferentes de biomassa, o poder calorífico delas, suas composições químicas elementares e imediata. Dentre as biomassas estudadas, os resíduos de soja e o bagaço da cana, são as que possuem um maior poder calorífico, e no conjunto um melhor potencial para geração de energia. A casca de arroz foi a que apresentou um maior teor de cinzas, fazendo o poder calorífico ser mais baixo, uma vez que as cinzas captam energia para se manter aquecidas. Buscando analisar as possibilidades de utilizar resíduos agrícolas como possível fonte energética, observa-se que muitas são as variáveis que influenciam no processo de conversão da biomassa em energia. Muitos estudos devem continuar sendo realizados na tentativa de tornar cada vez mais viável a produção de energia a partir de resíduos agrícolas.

Palavras-chave: Biomassa, combustível, poder calorífico

INTRODUÇÃO

Grande parte das fontes energéticas atuais é de combustíveis fósseis. Esta dependência é preocupante, pois dentre outros motivos, possuem vários aspectos ambientais negativos.

A escalada da demanda energética foi convencionalmente sustentada pela exploração de combustíveis fósseis não-renováveis. As fontes de energia não renováveis são finitas e facilmente esgotáveis devido a demanda mundial crescente. (Ozoegwu et al., 2017)

Muitos países têm aumentado o uso de fontes alternativas de energia como resíduos agrícolas como biomassa para gerar eletricidade e calor. (Chun-Yang Yin, 2010)

A energia presente na biomassa pode ser convertida em combustíveis líquidos, sólidos e gasosos. Os resíduos agrícolas armazenam energia considerável para ser aproveitada. (Vieira, 2013). O Brasil é um dos maiores produtores de madeira e de produtos agrícolas do mundo. No entanto, em função da elevada produção, grande quantidade de resíduos é gerada e pode provocar sérios problemas ambientais, quando negligenciada e deixada indiscriminadamente na natureza. (Paula, 2010).

Associado à questão energética há também a econômica, uma vez que tais resíduos podem ser inseridos na cadeia produtiva associando-se a auto abastecimento e economia bem como



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

inserção de mais estágios no ciclo produtivo. Um fator importante quando vamos estudar a biomassa como fonte de energia é o poder calorífico, a quantidade de energia disponível no combustível por unidade de massa. O poder calorífico pode

ser medido experimentalmente ou simulado de acordo com algumas equações da literatura.

No presente trabalho teve-se como objetivo de estabelecer uma ideia prévia do potencial dos resíduos agrícolas como fonte de energia, bem como sua viabilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados 13 tipos diferentes de biomassa oriundos de resíduos agrícolas, sendo elas: casca de arroz, esta analisada duas vezes, isso é em dois trabalhos diferentes; caule do café; pergaminho do café; palha da cana; caule de feijão; vagem de feijão; milho propriamente dito; subdividido em: palha do milho, caule de milho e folha de milho; caule da soja; vagem da soja; polpa de bambu.

De acordo com dados já existentes na literatura foram tabeladas suas composições química elementar e imediata (Paula, 2010, Vieira, 2013, Protásio et al., 2011)

Nos trabalhos analisados, parâmetros como teor de cinzas, matéria volátil foram estimadas por meio de equipamentos apropriados para algumas amostras, bem como teores de Carbono, Oxigênio, Hidrogênio e teor de cinzas para outras.

Os valores de Poder calorífico foram tabelados por dados já existentes na literatura sendo esses determinados de maneira experimental por meio de aparelhos apropriados.

Com essa compilação será possível em uma próxima etapa verificar quais componentes dos resíduos teriam influência positiva ou negativa para seu poder calorífico. Isso gerará a condição para analisar-se previamente, a viabilidade de materiais para o uso como biomassa e também o quão vantajoso poderá ser o

processo levando-se em conta, por exemplo as cinzas geradas e o quão custoso isso poderia ser ao processo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Figura 1** observa-se o poder calorífico das 13 biomassas. Dentre as biomassas estudadas, o milho, caule de soja, caule de feijão e caule de café, são as que possuem um maior poder calorífico, no conjunto um bom potencial para geração de energia.

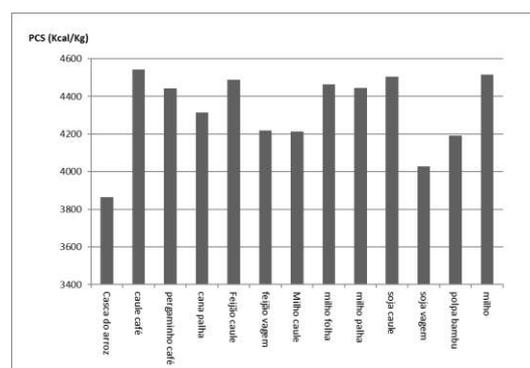


Figura 1: Poder calorífico analisado em Kcal/Kg para as amostras estudadas.

O caule do café possui um poder calorífico alto, mas este resíduo não está tão disponível uma vez que planta do café não é cortada por completa com frequência. Isso significa que tal biomassa não seria tão viável devido à falta de disponibilidade.

O caule do Feijão apresentou um bom poder calorífico, no entanto com um alto teor de cinzas. A grande quantidade de cinzas pode gerar complicações, pois com o decorrer do processo sua retirada pode representar um custo que irá encarecer a geração de energia.

A palha da cana e caule da soja apresentaram valores satisfatórios de PCS e baixo teor de cinzas. Isso torna estes resíduos interessantes, devido à grande produção dessas culturas e conseqüentemente grande disponibilidade destes restos.

A casca de arroz foi a que apresentou um maior teor de cinzas (figura 2), isso faz com que o poder calorífico seja mais baixo, uma



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

vez que as cinzas captam energia para se manter aquecidas, uma quantidade de cinza elevada dificulta também manutenção das **fornalhas**.

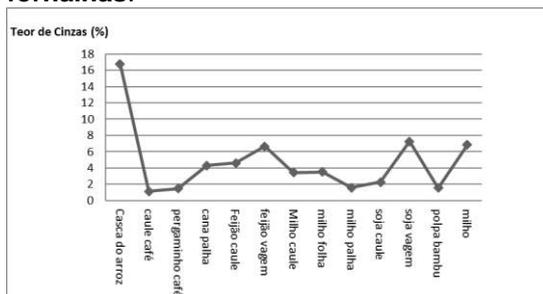


Figura 2: Teor de cinzas das 13 biomassas analisadas.

Além das análises elementar e imediata, existem algumas propriedades que também são importantes no estudo da viabilidade de transformar energia com resíduos. Dentre elas a densidade da biomassa, uma vez que material com densidade muito baixa é necessário uma quantidade muito grande para produzir energia.

A umidade da biomassa também é um fator importante, é fundamental na decisão de qual processo de conversão será usado para transformar a biomassa em energia.

CONCLUSÕES

Foi constatado que os resíduos de cana, soja e milho apresentam boas perspectivas no que consta às variáveis que influenciam o PCS e em nosso país se encontram disponíveis devido à alta produção dessas culturas. A análise desses componentes e sua influência podem ser um dos caminhos para a predição e estimativa de PCS em amostras por meio de modelos estatísticos. Buscando analisar as possibilidades de utilizar resíduos agrícolas como possível fonte energética, observa-se que muitas são as variáveis que influenciam no processo de conversão da biomassa em energia. Ao utilizar resíduos que não possuem até então nenhuma participação em ciclos produtivos um proprietário poderia se abastecer, tornando-se assim menos dependente e tendo menos despesas com energia. Com isso percebe-se a aliança entre

desenvolvimento técnico e contribuição social, bem como ambiental. Muitos estudos devem continuar sendo realizados na tentativa de tornar cada vez mais viável a produção de energia a partir de resíduos agrícolas.

REFERÊNCIAS

CHUN-YANG YIN – Prediction of higher heating values biomass from proximate and ultimate analyses , **Fuel** 2010, v. 90, p. 1128-1132.

OZOEGWU, C.G. et al. – Biomass and bioenergy potential of cassava waste in Nigeria: Estimations based partly on rural-level garri processing case studies, **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 2017. v. 72, p.625-638

Paula, Luana Elis de Ramos e. Produção e avaliação de briquetes de resíduos lignocelulósicos / Luana Elis de Ramos e Paula. **Lavras: UFLA**, 2010, 72 p.

Protásio, Tiago de Paula et al. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, 2011, v. 31, n. 66, p. 113.

Vieira, Ana Carla e. Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas para geração de energia. / Ana Carla Vieira **Cascavel, PR: UNIOESTE**, 2012



II SIMEAA

Simposio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

CARACTERIZAÇÃO DO ESPECTRO DE GOTAS DE UM PULVERIZADOR PNEUMÁTICO EM FUNÇÃO DA VAZÃO DE LÍQUIDO

Victor de Sousa Lopes¹, Tiago Mencaroni Guazzelli², Paulo Roberto Forastiere³, Marconi Ribeiro Furtado Júnior⁴, Haroldo Carlos Fernandes⁵

¹Discente de graduação em Engenharia Florestal - UFV. e-mail: vsousa610@gmail.com; ²Mestrando em Engenharia Agrícola - UFV. Bolsista CAPES. e-mail: mencaroni.tiago@gmail.com; ³Doutorando em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: paulo.forastiere@gmail.com; ⁴Professor do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: marconi.furtado@gmail.com; ⁵Professor do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: haroldoufv@gmail.com

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo caracterizar o espectro de gotas de um pulverizador costal motorizado pneumático em função de diferentes vazões de líquido e uma velocidade do ar. A velocidade do ar foi mensurada a partir de experimentação com um tubo de Pitot, e as vazões de líquido aferidas por meio de uma proveta, os resultados foram obtidos por meio de leituras do espectro de gotas fornecidas por um analisador de partículas em tempo real. As condições de temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas. O motor do pulverizador trabalhou na aceleração máxima. A menor vazão de líquido proporcionou a melhor atomização do líquido em gotas.

Palavras-Chave: analisador, atomização, pulverização pneumática

INTRODUÇÃO

A utilização correta dos equipamentos faz toda diferença na qualidade final da pulverização, podendo-se minimizar as perdas provenientes da aplicação de fitossanitários.

Para minimizar tal fato a tecnologia de aplicação tem como objetivo colocar a quantidade certa do produto agroquímico no alvo desejado, com máxima eficiência e da maneira mais economicamente possível, reduzindo assim, a contaminação do ambiente que sofre a pulverização Matthews, (2002).

Para Ryckaert et al. (2007) a avaliação de uma aplicação de defensivos agrícolas inicia-se a partir do momento em que o líquido é fragmentado em gotas. Buscando melhorar parâmetros técnicos como uniformidade da aplicação, diâmetro de gotas e cobertura do alvo, alcançando-se qualidade na

pulverização. Com isso, este trabalho teve como objetivo caracterizar o espectro de gotas de um pulverizador costal motorizado pneumático em função de diferentes vazões de líquido e uma velocidade do ar.

MATERIAL E MÉTODOS

Área Experimental

O experimento foi realizado no Laboratório de Mecanização Agrícola, no Departamento de Engenharia Agrícola pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV) localizado no Campus Viçosa, MG.

Pulverizador

Foi utilizado um pulverizador pneumático, marca Guarany, modelo PL 52 2500, composto por motor à gasolina dois tempos, tanque de combustível de 2,5 litros, depósito de defensivos com capacidade de armazenamento de 18 litros de calda, ventilador centrífugo com rotação máxima de 7000 rpm, e vazão do líquido de 70 a 3480 mL min⁻¹.

Determinação da Velocidade do ar utilizado na atomização

Para determinar a velocidade do ar foi utilizado o método americano estabelecido pela Air Moving and Conditions Association - AMCA (1985). Conforme esta metodologia estabelece, construiu-se um túnel de vento com comprimento equivalente a dez vezes o diâmetro do ventilador, associado a um tubo homogeneizador de fluxo de ar e a um controlador de vazão através de uma válvula cônica na saída do duto Silva et al. (2008). Fora instalado um tubo de Pitot interligado a um manômetro de tubo em "U", marca SALCAS[®],



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

modelo MCU 500 com precisão de 1,0 mmca, para determinar a pressão total e estática.

Determinação do Número de Pontos de leitura

Para determinar o número necessário de pontos de leitura de pressões na seção transversal em dutos circulares, a seção transversal foi dividida em equiáreas. Nesse caso, para um ventilador com diâmetro de 0,05 m, recomenda-se seis pontos de leituras na seção longitudinal e seis leituras na seção vertical do tubo. Com o propósito de detectar estes pontos de medição na seção transversal, utilizou-se a Equação 1 Mesquita et al., (1985).

$$L_n = d \sqrt{(2n-1)/4N} \quad (1)$$

em que

L_n = distância dos pontos de leitura em relação ao centro da seção circular (mm);
 d = diâmetro do ventilador (mm);
 n = enésima área (mm²); e,
 N = número de leituras.

Velocidade do Ar

Com as leituras de pressão dinâmica em mãos, foram calculadas as velocidades do ar pela Equação 2 Mesquita et al., (1985).

$$v = \sqrt{2gP_{din}} \quad (2)$$

em que

v = velocidade do ar (m s⁻¹);
 g = aceleração da gravidade (m s⁻²); e,
 P_{din} = pressão dinâmica (mH₂O).

Determinação do Espectro de Gotas

Para caracterizar a atomização em função da velocidade do ar e vazão de líquido, utilizou-se um analisador de partículas a laser em tempo real, Spraytech, marca Malvern Instruments, que possui uma lente focal de 750 mm, capaz de detectar gotas com diâmetro de 0,1 a 2.500 µm.

Posicionou-se o bocal atomizador a 0,30 m de distância do feixe de laser e para cada vazão de líquido foi realizado uma leitura do espectro de gotas produzido.

As variáveis respostas utilizadas para avaliação da atomização foram o diâmetro da gota que divide a população de gotas, ordenadas crescentemente, em duas metades iguais em volume de líquido pulverizado (diâmetro da mediana volumétrica ou DMV), porcentagem do volume pulverizado composta por gotas menores que 100 µm (%V<100), com diâmetro entre 100 e 150 µm (100<%V<150) e com diâmetro entre 150 e 200 µm (150<%V<200).

Monitoramento das Condições Climáticas do Ambiente

As condições de temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas durante as pulverizações, com o auxílio de um Thermo-Higrômetro digital, marca INSTRUTEMP, modelo ITHT2210.

Delineamento e análise estatística

O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com 10 tratamentos (vazões de líquido) e uma leitura por tratamento, a dispersão dos dados foi analisada por meio de regressão linear.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições de temperatura média e umidade relativa média do ar foram de 22°C e 73,70% respectivamente.

A velocidade do ar atingida pelo ventilador do pulverizador foi de 67,1 m s⁻¹.

As vazões de líquido utilizadas para caracterizar o espectro de gotas do pulverizador pneumático foram de 0,47; 0,56; 0,745; 0,885; 0,92; 1,045; 1,05; 2,18; 2,6; 2,76 L min⁻¹.

Os valores de DMV em função da vazão de líquido estão apresentados na Figura 1, estes mostram que, com o aumento da vazão o diâmetro da mediana volumétrica também aumenta.

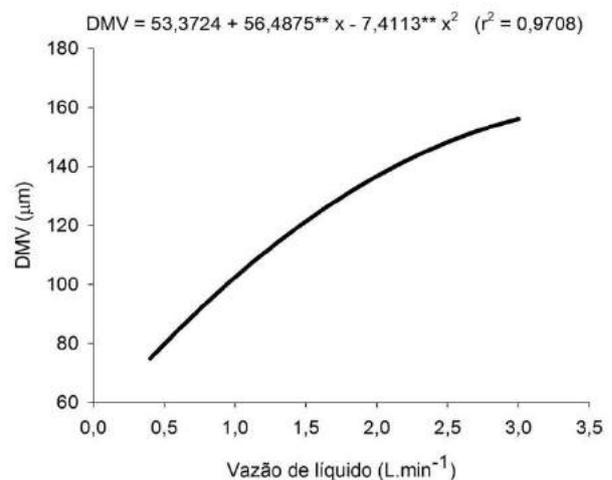


Figura 1. Diâmetro da mediana volumétrica em função de diferentes vazões de líquido

Para essa avaliação, o diâmetro de gotas, no qual fora considerada a atomização das partículas, foi de 100 µm. Pela Figura 2, na curva de



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

cor preta, menores vazões possuem o maior percentual de gotas atomizadas, essa conduta não é observada quando se trata de uma população de gotas com um diâmetro maior. O comportamento das curvas vermelha e azul, ocorre devido ao fenômeno de coalescência, em que duas ou mais partículas se fundem formando outra de diâmetro maior. Do ponto em que tais curvas começam a decrescer, estão sendo formadas gotas acima do intervalo estudado.

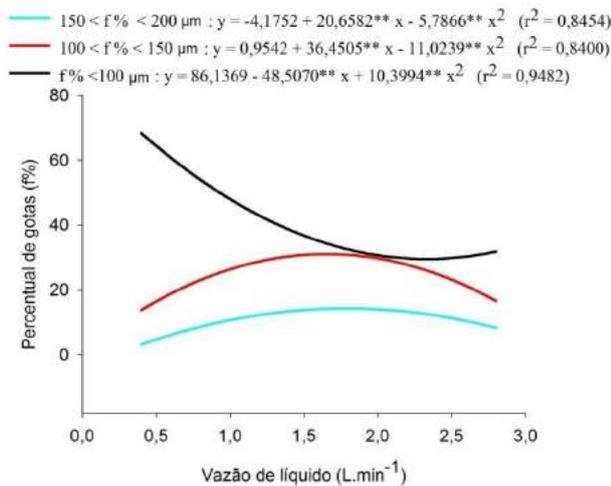


Figura 2. Percentual de gotas abaixo de 100 μm, entre 100 e 150 μm e entre 150 e 200 μm, em função da vazão de líquido.

A vazão de líquido influenciou significativamente no espectro de gotas, ou seja, quanto maior a vazão das gotas maior o diâmetro das mesmas.

CONCLUSÃO

Com o experimento concluiu-se que a vazão de 0,47 L min⁻¹ com a velocidade do ar de 67,1 m s⁻¹, possui o maior percentual de gotas atomizadas.

REFERÊNCIAS

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, ANSI/AMCA 210-85 Standard. Arlington Heights, IL 60004: Air Movement and Control Association, Inc. 1985.

J.M.; WALLER, S.J. **Plant pathologist's pocketbook**. London: CAB, 2002. p. 345-53.

MATTHEWS, G.A.: The application of chemicals for plant disease control. In: WALLER, J.M.; LENNÉ,

MESQUITA, A. L. S.; GUIMARÃES, F. A.; NEFUSSI, N. **Engenharia de ventilação industrial**. São Paulo: Convênio Cetesb/Ascetesb, 1985. 442 p.

RYCKAERT, B., SPANOGHE, P.; HAESAERT, G.; HEREMANS, B.; ISEBAERT, S.; STEURBAUT, W. Quantitative determination of the influence of adjuvants on foliar fungicide residues. **Crop Protection**, New York, v. 26, n. 10, p. 1589-1594, Oct. 2007.

SILVA, J. S.; LOPES, R. P.; LOPES, D. C.; REZENDE, R. C. Seleção e construção de ventiladores. In: SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. P. 37-62.

AGRADECIMENTOS

O suporte financeiro das agências fomentadoras FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais e CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA NO ABRANDAMENTO DE ÁGUA DESTINADA À IRRIGAÇÃO

Gustavo Lopes Muniz¹, Priscila Ramos Vieira², Francinete Veloso Duarte³

¹Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola – UFV. e-mail: gustavo.l.muniz@ufv.br; ² Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola – UFV. e-mail: priscilaramos255@hotmail.com ³Professora Dr.^a no Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, e-mail: francivel@hotmail.com

Resumo: O uso de águas calcárias para irrigação pode comprometer o funcionamento dos gotejadores devido à precipitação do carbonato, que deve ser removido da água a fim de evitar esse mecanismo. O objetivo deste trabalho foi determinar, por meio de metodologia de superfície de resposta, a dosagem e tempo de sedimentação ideais para abrandamento de água altamente calcária utilizada para irrigação. A água utilizada neste estudo foi coletada de poço subterrâneo localizado no Norte de Minas Gerais, sendo altamente calcária e alcalina. Utilizou-se sementes de moringa como coagulante no processo de abrandamento. Por meio do delineamento composto central fez-se a otimização das variáveis dosagem de coagulante e tempo de sedimentação. Foi determinado como ponto ótimo para a remoção da dureza dose de coagulante igual a 2478,25 mg L⁻¹ com 10,24 h para a sedimentação. Os resultados estatísticos indicaram excelente confiabilidade do modelo matemático obtido, podendo ser usado para fins preditivos.

Palavras-Chave: delineamento composto central, dureza, precipitação, tratamento de água

INTRODUÇÃO

Em sistemas de irrigação localizada, que utilizam águas calcárias, é comum a ocorrência de entupimento dos bicos de gotejadores, levando a perdas na eficiência do sistema. Uma das técnicas que tem sido utilizadas pelos irrigantes para diminuir a obstrução de gotejadores é a aplicação de ácidos. Porém, conforme Duarte (2010), esses ácidos podem ser nocivos tanto para a cultura agrícola quanto para o solo e para quem faz a aplicação desta técnica, além de representar um custo adicional relevante para os agricultores.

Por conseguinte, há uma necessidade significativa de buscas por um processo ambientalmente amigável, de baixo custo e baixo

consumo de energia, para o abrandamento de água.

Uma alternativa de abrandamento de água que tem sido relatada na literatura, porém pouco estudada, é a utilização de sementes de *Moringa oleífera* como coagulante na redução da dureza. Alguns autores têm relatado elevada eficiência de remoção da dureza da água quando tratada com sementes de moringa (Muyibi & Evison, 1995; Mangale et al., 2012). No entanto, estudos comprovam que, a dosagem necessária de coagulante, bem como, o tempo de sedimentação, são dependentes da dureza inicial da água. Assim sendo, este trabalho teve como objetivo determinar, por meio de metodologia de superfície de resposta, a dosagem e tempo de sedimentação ideais para abrandamento de água altamente calcária utilizada para irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo e caracterização da água utilizada

Este trabalho foi desenvolvido no laboratório de Química analítica do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da UFMG, Montes Claros-MG, Brasil, em escala laboratorial. Utilizou-se água subterrânea amostrada no município de Quem-Quem, região Norte de Minas Gerais, que se caracteriza por ser alcalina e com alta dureza carbonato.

A água estudada apresentava dureza inicial de 510,0 mg L⁻¹ em CaCO₃, alcalinidade de 360,0 mg L⁻¹ em CaCO₃, concentrações de cálcio e magnésio de 174,0 e 12,0 mg L⁻¹, respectivamente, e pH de 7,1. Todas essas variáveis foram analisadas antes e após o tratamento da água seguindo metodologias apresentadas em APHA (2012).

Ensaio com a *Moringa oleífera*

A solução coagulante de sementes de moringa foi preparada seguindo recomendações de Muyibi & Evison et al. (1995). A dose de coagulante utilizada era adicionada em 1 L de



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

água calcária, em um béquer, que era levado para um agitador magnético a 1600 rpm durante 30 min à temperatura ambiente. Passados os 30 min de agitação desligava-se o aparelho e a amostra era deixada sedimentar por tempo determinado. Assim que o tempo de sedimentação era atingindo, alíquotas do sobrenadante eram coletadas para análise da dureza residual.

Planejamento experimental e análise estatística

Foi utilizado um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para a otimização das variáveis dosagem e tempo de sedimentação. O DCCR consistiu em um fatorial 2² com 4 pontos axiais e 5 pontos centrais, totalizando 13 ensaios, realizados em sequência aleatória. Na **tabela 1** estão os níveis codificados e reais das variáveis independentes.

Tabela 1. Níveis codificados e reais das variáveis independentes no DCCR.

Variáveis	Níveis codificados e reais das variáveis independentes				
	-α	-1	0	+1	+α
Dose de <i>Moringa oleifera</i> (mg L ⁻¹)	1290	1500	2000	2500	2700
Tempo de sedimentação (h)	1.7	3.0	6.0	9.0	10.3

Foi realizada a análise de variância (ANOVA), a um nível de confiança de 95%, para estimar os parâmetros estatísticos e avaliou-se a predição ou não do modelo. Os pontos ótimos foram obtidos com auxílio da função desejabilidade utilizando o *software* Statistica 10.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de variância

Os resultados da ANOVA (**Tabela 2**) mostraram que todas as variáveis estudadas foram significativas ($p < 0,05$), incluindo o modelo de regressão quadrático ($R^2: 0,97$; $R^2_{ajustado}: 0,96$ e $R^2_{predito}: 0,90$). A falta de ajuste do modelo foi não significativa ($p > 0,05$), o que é desejável na obtenção de um modelo de regressão.

Tabela 2. Resultado da análise de variância para a dureza removida.

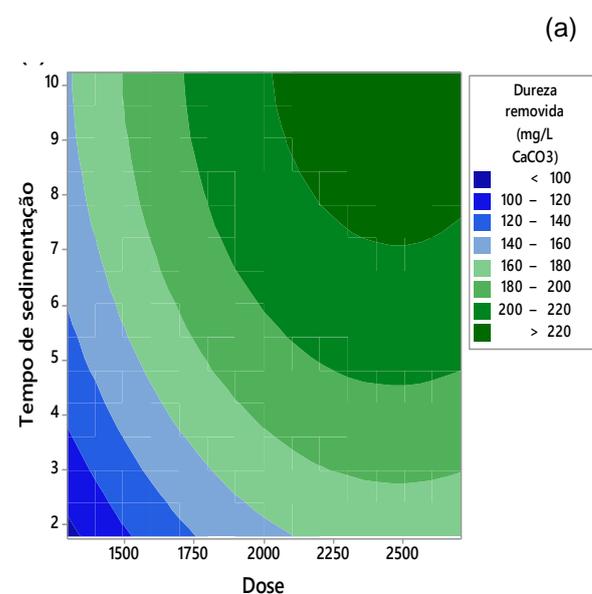
Fonte	GL	F-value	p-value
Modelo	4	67,09	<0,001*
Linear	2	116,46	<0,001*
Dose	1	12,54	<0,001*
TS ¹	1	105,38	<0,001*
Quadrado	2	17,73	0,001*
Dose*Dose	1	30,10	0,001*
TS*TS	1	9,07	0,017*
Erro	8		
Falta de ajuste	4	1,44	0,367 ^{ns}
Erro puro	4	*	*
Total	12		

*significativo ($p < 0,05$); ns: não significativo ($p > 0,05$); F tabelado para regressão: 3,84; F tabelado para a falta de ajuste: 6,39; ¹TS: tempo de sedimentação.

O modelo matemático que relaciona a dureza removida em função da dosagem de *Moringa oleifera* e do tempo de sedimentação é apresentado na Equação 1:

$$Y = -177.5 + 0.2558 \times A + 16.93 \times B - 0.000052 \times A^2 - 0.786 \times B^2 \quad (1)$$

Onde Y é a dureza removida (mg L⁻¹ em CaCO₃), A é a dosagem de *Moringa oleifera* (mg L⁻¹) e B é o tempo de sedimentação (h). A partir do modelo matemático foram gerados os gráficos de contorno e de superfície de resposta para a variável resposta, dispostos na **figura 1**.





II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

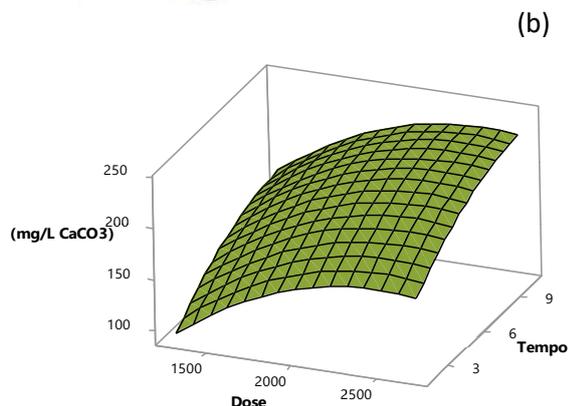


Figura 1. Gráfico de contorno (a) e superfície de resposta (b) para a dureza removida.

De acordo com a **figura 1**, a remoção da dureza aumenta à medida que a dosagem de *Moringa oleifera* e o tempo de sedimentação também aumentam, indicando contribuir positivamente na eficiência de remoção da dureza. Dosagens em torno de 2500 mg L⁻¹ com tempo de sedimentação de 10 h proporcionaram remoções de dureza acima de 45%. Muyibi & Evison (1995) utilizando sementes de *Moringa oleifera* como coagulante na redução da dureza em águas de poços subterrâneos com dureza inicial de 496,5 mg L⁻¹ em CaCO₃, observaram que, aumentando a concentração do coagulante resulta na diminuição da dureza. Na dosagem máxima estudada pelos referidos autores, de 2400 mg L⁻¹, a dureza residual observada foi de 232,2 mg L⁻¹ em CaCO₃.

Otimização e validação do modelo matemático

A otimização do processo de abrandamento foi feita utilizando o modelo matemático proposto e a função *Response Optimizer* do programa estatístico Minitab 17. Foi determinado como ponto ótimo para a remoção da dureza dose de coagulante igual a 2478,25 mg L⁻¹ com 10,24 h de tempo de sedimentação. O modelo matemático foi validado por meio de 3 ensaios, um no ponto ótimo e dois em pontos escolhidos de forma aleatória. Os valores obtidos experimentalmente foram comparados com os valores estimados pelo modelo ajustado. Os resultados indicaram excelente predição do modelo.

Características da água após tratamento

As concentrações residuais de cálcio, magnésio, a alcalinidade e o pH final da água foram analisados no ponto ótimo do tratamento. Os resultados são mostrados na **tabela 3**.

Tabela 3. Caracterização química da água na condição ótima.

Variáveis	Antes	Depois
Dureza (mg L ⁻¹ em CaCO ₃)	510,0	283,0
Alcalinidade (mg L ⁻¹ em CaCO ₃)	360,0	356,0
Ca ⁺² (mg L ⁻¹)	174,0	90,0
Mg ⁺² (mg L ⁻¹)	12,0	10,1
pH	7,1	7,6

Foi observada baixa variação no pH e na alcalinidade da água estudada, o que viabiliza a aplicação do coagulante. Portanto, não há necessidade de gastos com produtos químicos adicionais para a correção do pH e alcalinidade da água quando tratada com sementes de moringa.

CONCLUSÕES

O uso de sementes de *Moringa oleifera* mostrou-se eficiente e viável para aplicação no abrandamento de águas calcárias com alta dureza inicial. O ponto ótimo encontrado para a remoção da dureza da água estudada foi com a dose de coagulante igual a 2478,25 mg L⁻¹ com 10,24 h de tempo de sedimentação, onde 45% da dureza da água foi removida.

REFERÊNCIAS

- APHA, AWWA & WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association, Washington, DC. 2012
- DUARTE, F. V. **Influência da aplicação de gás carbônico na redução de precipitação de carbonatos em sistema de irrigação localizada**. 123f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- MUYIBI, S. A.; EVISON, L. M. **MORINGA OLEIFERA SEEDS FOR SOFTENING HARDWATER**. **Water Research**, v. 29, p. 1099-1105, 1994.
- MANGALE, S. M.; CHONDE, S. G.; RAUT, P. D. **USE OF MORINGA OLEIFERA (DRUMSTICK) SEED AS NATURAL ABSORBENT AND AN ANTIMICROBIAL AGENT FOR GROUND WATER TREATMENT**. **Research Journal of Recent Sciences**, v.1, p. 31-40, 2012.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

SECAGEM DO CAFÉ TRITURADO E EM PÓ POR INFRAVERMELHO

Renata Cássia Campos¹, Paulo César Corrêa², Odilon Moreira Guedes Neto³, Úrsula Ramos Zaidan⁴

¹Engenheira de Alimentos. Doutoranda em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: renata.eal@hotmail.com; ²Professor Titular da Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: copace@gmail.com; ³Discente do Curso de Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: odilon.neto@ufv.br; ⁴Engenheira Agrônoma. Doutoranda em Fitotecnia - UFV. e-mail: ursula_agro2006@hotmail.com

RESUMO: O café é mundialmente conhecido pelo seu aroma e sabor característico. Ambos estão diretamente relacionados à qualidade e às substâncias presentes no grão. Diversos são os fatores que influenciam na manutenção desta qualidade. Dentre eles a secagem apresenta-se como um dos mais importantes. Com o intuito de aumentar a eficiência energética através de emissores compactos, de fácil manuseio e menor custo, novas fontes de calor têm sido empregadas na secagem, dentre elas, a radiação infravermelha. Diante do exposto objetivou-se nesse trabalho determinar as curvas de secagem de grãos de café cru, triturados e em pó, em três diferentes temperaturas previamente fixadas. Foram utilizados grãos de café, *Coffea arabica*, teor de água inicial de 9,3% b.s. para o grão em pó e 8,9% b.s. para o grão triturado. Foram utilizadas amostras de 10g. As temperaturas fixadas foram 50° C, 60° C, 70° C. Utilizou-se um analisador de umidade por infravermelho para coleta dos dados da secagem. Os resultados mostraram a influência da superfície de contato nos processos termodinâmicos, ou seja, o café na forma de pó apresentou maior teor de água inicial devido à higroscopia e, assim, maior susceptibilidade à absorção de água do meio; e na secagem, por possuir maior superfície de contato, o mesmo apresentou maiores incrementos na perda de água, quando comprado aos grãos na forma triturada.

Palavras-Chave: *Coffea arabica*, superfície de contato, qualidade, processos termodinâmicos

INTRODUÇÃO

A qualidade do café, atributo que tem o maior peso na determinação do preço e comercialização, pode ser definida como um conjunto de características físicas, químicas, sensoriais e de segurança que atendem os gostos dos diversos tipos de consumidores (Rufino & Arêdes, 2009;

Ossani et al., 2017; Malta et al., 2013). Inúmeros trabalhos relacionam a qualidade dos grãos à sua composição química (Malta et al., 2003; Jeszka-Skowron et al., 2016; Oliveira et al., 2006; Franca et al., 2005).

Dentre os compostos de maior importância, destacam-se os fenólicos, que além de serem relatados como contribuintes do sabor e aroma característicos das bebidas de café, são conhecidos em razão das propriedades fisiológicas e farmacológicas que conferem à saúde humana, como a atividade antioxidante. Entre os principais componentes da fração fenólica figuram os ácidos clorogênicos, na forma de diversos isômeros, considerados os mais importantes e os que se apresentam em maior quantidade nos grãos de café verde (Farah, 2012). A atividade antioxidante de compostos fenólicos deve-se, principalmente, às suas propriedades redutoras e estrutura química. Essas características desempenham um papel importante na neutralização de radicais livres e quelação de metais de transição, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo (Jeszka-Skowron et al., 2016; Pellegrini et al., 2003).

Após o processamento do café, a etapa de secagem passa a ser importante tanto sob aspecto de consumo de energia como na influência que essa operação tem sobre a qualidade final do produto. Durante a secagem, os teores de água dos grãos são reduzidos de 60 % b.u para 11,5 % b.u, eliminando-se, assim, riscos com respiração, oxidação, fermentações e desenvolvimento de fungos e bactérias (Silva, 2008; Wintgens, 2008; Isquierdo et al., 2013). Por outro lado, se não forem utilizadas as melhores técnicas de secagem, a qualidade poderá ser prejudicada em decorrência de alterações físicas, químicas e sensoriais indesejáveis. Tendo em vista esses problemas, busca-se um controle maior dos parâmetros de secagem como a temperatura associada, além do desenvolvimento de técnicas ou aprimoramento das



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

mesmas, de forma a se minimizar situações adversas ao produto, favorecendo assim a qualidade final.

Nesse contexto tem-se a utilização da técnica de secagem por infravermelho. Este método de aquecimento envolve a aplicação de radiação dentro do intervalo de comprimento de onda correspondente a 0,75 até 100 μm , além de estar se tornando uma fonte importante de tratamento de calor na indústria, isso por causa das diversas vantagens existentes: equipamentos simples e de fácil manipulação, rápida resposta transiente e economias significativas de energia (Fasina et al., 2001; Riadh et al., 2015). As vantagens da utilização dessa técnica são: inativação de substâncias tóxicas e antimicrobianas, preservação de substâncias bioativas e termossensíveis, redução de contagem microbiana e manutenção da qualidade (Gerstenmeyer et al., 2013; Pan et al., 2013; Rudobashta & Zueva, 2016).

Ainda, dentre os fatores associados à secagem de grãos, tem-se o efeito da superfície de contato, que no caso da secagem por infravermelho, é de suma importância, de forma à tornar os processos relacionados às trocas de calor e massa mais eficientes. Ou seja, quanto maior a superfície, mais efetivo serão os processos de transferência (tanto de calor, quanto de massa).

Diante do exposto o presente trabalho teve como objetivo determinar as curvas de secagem de grãos de café cru na forma triturada e em pó, submetidos à secagem por radiação infravermelho sob diferentes temperaturas.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR), localizado no campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa – Minas Gerais (MG).

Foram utilizados grãos de café crus, *Coffea arabica*, catuaí vermelho, adquiridos em uma beneficiadora localizada em Viçosa. Os grãos foram triturados em moinho de milho, e o material triturado foi separado em peneiras. Para o experimento em pauta, foram utilizados: grãos triturados retidos em peneira com malha de 3,35mm – denominado “triturado”, e retidos em peneira com malha de 1,4 mm – denominado “em pó”.

Foram utilizadas amostras de 10g de cada granulometria. Essas amostras foram submetidas à secagem em infravermelho em três diferentes temperaturas: 50, 60 e 70 °C. O experimento ocorreu em triplicada para cada condição.

Secagem em infravermelho

A secagem foi realizada em equipamento denominado Analisador de Umidade por Infravermelho IV2000, do fabricante Gehaka (Figura 1). O aparelho permite a configuração da temperatura de secagem. O funcionamento do aparelho baseia-se em pesagens sucessivas e periódicas da amostra analisada, parando seu funcionamento automaticamente, quando ocorre a pesagem sucessiva de dois valores iguais.

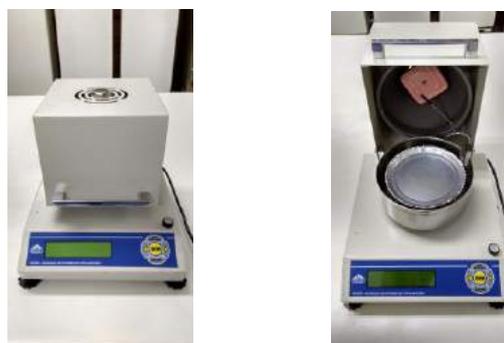


Figura 1. Analisador de Umidade

Como pode ser verificado na figura 1, o equipamento utilizado possui o emissor de ondas de infravermelho localizado na parte superior da tampa, e na inferior, encontra-se uma balança.

Teor de água

Uma vez que o equipamento operou em valores de temperatura inferior à 100 °C, fez-se necessário verificar o teor de água inicial das amostras. O teor de água foi obtido empregando-se o método da estufa, a 105 °C por 24 h, utilizando-se uma balança analítica com precisão de 0,0001 g (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O café cru na forma “triturado” apresentou teor de água inicial de 8,9% b.s. e o café em “pó”, 9,3% b.s. Apesar de serem provenientes da mesma amostra, as diferenças de teor de água se dão pelo fato de o grão em pó apresentar maior superfície de contato, e como o café é um produto higroscópico devido à sua composição química (Pittia et al., 2007), tem-se maiores incrementos de valores de teor de água nas menores granulometrias.

A secagem por infravermelho dos grãos de café cru na forma triturada e o pó são apresentados a seguir nas Figuras 2 e 3 respectivamente.



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

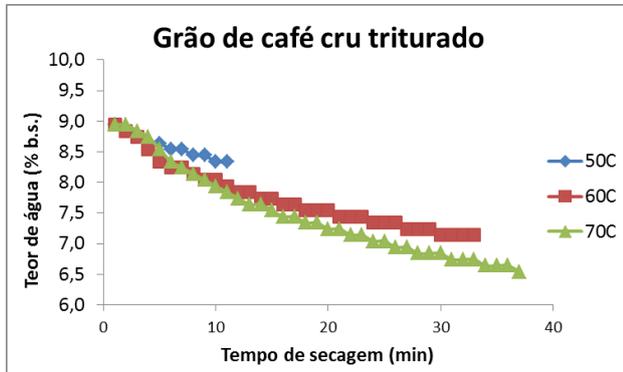


Figura 2. Curva de secagem em infravermelho de grãos crus de café na forma “triturada”

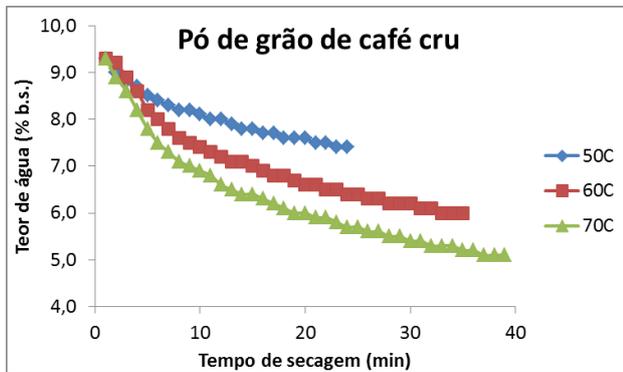


Figura 3. Curvas de secagem em infravermelho de grãos crus de café em “pó”

Por meio das Figuras 2 e 3 pode-se verificar a influência da granulometria e da temperatura utilizada nos processos de secagem.

A secagem ocorre por meio de uma diferença de pressão de vapor entre a superfície do produto e o ambiente onde está. O produto perde água, na tentativa de entrar em equilíbrio com as condições ambientes, quando isso ocorre, o processo de secagem termina (Queiroz & Pereira, 2003). Temperaturas diferentes geram condições ambientais diferentes e por isso, tanto as amostras “triturada” e em “pó” apresentaram tempos de processo diferentes e teores de água finais diferentes. Sendo que à medida que se aumenta a temperatura de secagem, aumenta-se a pressão de vapor do produto, fazendo com que o mesmo perca mais água para o meio, até atingir o equilíbrio. Ou seja, quanto maior a temperatura, maiores os incrementos de água retirada, e por tanto, menores teores de água finais.

Ainda, comparando os resultados apresentados na Figuras 2 e 3, verifica-se que o grão em “pó”, apesar de apresentar maior superfície de contato,

levou mais tempo para ser seco nas mesmas condições de secagem, quando comprado ao “triturado”. Isso pode ser explicado pela composição química complexa do café associada à sua superfície de contato.

Apesar das amostras serem provenientes de um mesmo produto, quanto menor a sua granulometria, mais exposto ao ambiente se tornam os constituintes (sítios químicos capazes de atrair as moléculas de água) desse produto. Sendo assim, pode-se inferir que a superfície de contato favorece as trocas de calor e massa, e por tanto, quanto maior a superfície, maiores os incrementos de perda de água, que caracterizam os processos de secagem.

Por isso que a amostra na configuração de “pó”, mesmo apresentando maior teor de água inicial, atingiu valores de teor de água menores que a amostra “triturada”.

CONCLUSÕES

Concluiu-se que o grão na forma de “pó” apresentou menores valores finais de teor de água, quando comparados aos “triturados”, fato esse que enfatiza a importância da superfície de contato nos processos de secagem.

O trabalho teve o intuito de comparar a secagem de café cru (que possui características funcionais e farmacêuticas), porém com granulometrias diferentes. Como possível ideia à novos trabalhos e de forma a completar esses resultados, seria interessante estudar os possíveis efeitos dessas temperaturas nos compostos de interesse do café.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e FAPEMIG pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

- FARAH, ADRIANA. 2012. “Coffee Constituents.” In *Coffee: Emerging Health Effects and Disease Prevention*, 21–58. doi:10.1002/9781119949893.ch2.
- FASINA, OLADIRAN, BOB TYLER, MARK PICKARD, GUO HUA ZHENG, AND NING WANG. 2001. “Effect of Infrared Heating on the Properties of Legume Seeds.” *International Journal of Food Science and Technology* 36 (1): 79–90. doi:10.1046/j.1365-2621.2001.00420.x.
- FRANCA, A.S.; MENDONÇA, J.C.F.; OLIVEIRA, S.D. 2005. “Composition of Green and Roasted Coffees of Different Cup Qualities.” *LWT - Food Science and Technology* 38 (7). Academic Press: 709–15.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

doi:10.1016/J.LWT.2004.08.014.

GERSTENMEYER, EVA, SIGRID REIMER, EMMERICH BERGHOFER, HEIDI SCHWARTZ, AND GERHARD SONTAG. 2013. "Effect of Thermal Heating on Some Lignans in Flax Seeds, Sesame Seeds and Rye." *Food Chemistry* 138 (2-3): 1847-55. doi:10.1016/j.foodchem.2012.11.117.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. 2008. *Normas Analíticas Do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Físico-Químicos Para Análise de Alimentos*. Brasil.

ISQUIERDO, E. P.; BORÉM, F. M.; ANDRADE, E. T. DE; CORRÊA, J. L. G.; OLIVEIRA, P. D. DE; ALVES, G. E. 2013. "Drying Kinetics and Quality of Natural Coffee." *American Society of Agricultural and Biological Engineers* 56 (3): 1003-10. doi:10.13031/trans.56.9794.

JESZKA-SKOWRON, MAGDALENA, EWA STANISZ, AND MARIA PAZ DE PEÑA. 2016. "Relationship between Antioxidant Capacity, Chlorogenic Acids and Elemental Composition of Green Coffee." *LWT - Food Science and Technology* 73: 243-50. doi:10.1016/j.lwt.2016.06.018.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. R.; OLIVEIRA, W. M. 2003. "Composição Físico-Química E Qualidade Do Café Submetido a Diferentes Formas de Pré-Processamento." *Revista Brasileira de Armazenamento*, 6: 37-41.

MALTA, MARCELO RIBEIRO, STELLA DELLYZETE VEIGA FRANCO DA ROSA, PRISCILLA MAGALHÃES DE LIMA, LARISSA DE OLIVEIRA FASSIO, AND JULIANO BATISTA DOS SANTOS. 2013. "ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DO CAFÉ SUBMETIDO A DIFERENTES FORMAS DE PROCESSAMENTO E SECAGEM." *Engenharia Na Agricultura* 21 (5): 431-40.

OLIVEIRA, LEANDRO S., ADRIANA S. FRANCA, JULIANA C F MENDONÇA, AND MARIO C. BARROS-JÚNIOR. 2006. "Proximate Composition and Fatty Acids Profile of Green and Roasted Defective Coffee Beans." *LWT - Food Science and Technology* 39 (3): 235-39. doi:10.1016/j.lwt.2005.01.011.

OSSANI, PAULO CÉSAR, MARCELO ÂNGELO CIRILLO, FLÁVIO MEIRA BORÉM, DIEGO EGÍDIO RIBEIRO, AND RICARDO MIGUEL CORTEZ. 2017. "Qualidade de Cafés Especiais: Uma Avaliação Sensorial Feita Com Consumidores Utilizando a Técnica MFACT." *Revista Ciencia Agronomica* 48 (1): 92-100. doi:10.5935/1806-6690.20170010.

PAN, Z., G. ATUNGULU, AND X. LI. 2013. *Infrared Heating. Resource: Engineering and Technology for Sustainable World*. Vol. 20. doi:10.1016/B978-0-12-411479-1.00025-5.

PELLEGRINI, NICOLETTA, MAURO SERAFINI, BARBARA COLOMBI, DANIELE DEL RIO, SARA SALVATORE, MARTA BIANCHI, AND FURIO BRIGHENTI. 2003. "Total Antioxidant Capacity of Plant Foods, Beverages and Oils Consumed in Italy Assessed by Three Different In Vitro Assays." *The Journal of*

Nutrition 133 (9): 2812-19. doi:10.1002/mnfr.200600067.

PITTIA, PAOLA, MARIA CRISTINA NICOLI, AND GIAMPIERO SACCHETTI. 2007. "Effect of Moisture and Water Activity on Textual Properties of Raw and Roasted Coffee Beans." *Journal of Texture Studies* 38 (2007): 116-34.

QUEIROZ, DANIEL MARÇAL DE;, AND JOSÉ ANTÔNIO MARQUES PEREIRA. 2003. *Higroscopia*. Viçosa (MG), UFV: Centreinar.

RIADH, MUHMED HUSSAIN, SITI ANOM BINTI AHMAD, MOHD HAMIRUCE MARHABAN, AND AZURA CHE SOH. 2015. "Infrared Heating in Food Drying: An Overview." *Drying Technology* 33 (3): 322-35. doi:10.1080/07373937.2014.951124.

RUDOBASHTA, STANISLAV, AND G. ZUEVA. 2016. "Drying of Seeds through Oscillating Infrared Heating." *Drying Technology* 34 (5): 505-15. doi:10.1080/07373937.2015.1060997.

RUFINO, J. L. DOS S.; ARÊDES, A. F. DE. 2009. *Mercados Interno E Externo Do Café Brasileiro*. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica.

SILVA, J. S. 2008. *Secagem E Armazenagem de Produtos Agrícolas*. Edited by Juarez de Sousa e Silva. 2nded. Viçosa: Aprenda Fácil.

WINTGENS, J. N. 2008. *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers*. doi:10.1002/9783527619627.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

PRODUÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NA REGIÃO DE VITÓRIA-ES

Gustavo Berger Schaeffer¹, Matheus Pereira Gomes Raimundi², Élvís da Silva Alves³, Igor Boninsenha⁴, Helizani Couto Bazame⁵, Daniel Althoff⁶, Vinicius Mendes Rodrigues de Oliveira⁷, Robson Argolo dos Santos⁸, Francisco Cássio Gomes Alvino⁹, Igor Lopes de Faria¹⁰ Catariny Cabral Aleman¹¹

¹ Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: gustavo.schaeffer@ufv.br; ²Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: matheuspg@gmail.com; ³Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: elvistv@gmail.com; ⁴Discente de graduação Agronomia – UFV. E-mail: iboninsenal@gmail.com; ⁵Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: helizanicouto@gmail.com; ⁶Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: daniel_althoff@hotmail.com; ⁷Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: viniciusmro91@gmail.com; ⁸Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: argolo.agro@gmail.com; ⁹Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: cassioalvino@hotmail.com ¹⁰Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: igorbenks@gmail.com; ¹¹Docente Departamento de Engenharia Agrícola-UFV. E-mail: catariny@ufv.br;

RESUMO: A energia do Espírito Santo que provém 60,3% de termoeletricas atualmente é suja quando comparada a do Brasil, que provém de hidroeletricas aproximadamente 65% da sua energia, a utilização de energia solar seria uma forma de tornar essa energia um pouco mais limpa, é necessário então estudar a sua viabilidade. Foram utilizados dados de radiação solar da cidade de Vitória para o estudo e concluiu-se que são necessários 13 anos para pagar o investimento e considerando que o painel apresenta uma duração mínima de 25 anos, serão gerados 12 anos de energia com gasto próximo a zero.

Palavras-Chave: Desenvolvimento sustentável, energia solar, painéis fotovoltaicos.

INTRODUÇÃO

O consumo energético mundial é algo que tende a crescer, todavia muitas das formas de produção de energia não são sustentáveis como o caso do petróleo. Uma forma interessante de suprir esta demanda é a utilização da energia solar incidente em nosso planeta, esta que é natural, abundante e limpa. Os painéis fotovoltaicos usados atualmente possuem eficiência em torno de 8,84% e ao utilizar um mecanismo rastreador que mantém a placa perpendicular ao sol a eficiência se aproxima de 10,89% (TESSARO & SOUZA, 2006).

O Consumo médio de energia no Espírito Santo de 2007 até 2011 foi de aproximadamente 2,712

MWh/hab e em 2009 60,3% da energia elétrica era produzida por termoeletricas (FIGURA 2), a energia solar é uma alternativa que pode suprir esta necessidade que atualmente não é sustentável, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a população de Vitória no último censo (2010) foi de 327.801 habitantes e é estimada hoje em 363.140 habitantes o que consumiria aproximadamente $2,340 \times 10^5$ MJ/dia de energia elétrica.(BEES; ASPE, 2012; IBGE, 2017)

Primeiramente é interessante evidenciar que a manutenção é muito baixa, quase inexistente. Os painéis foram desenvolvidos para resistir as variações do tempo, painéis solares de qualidade possuem em sua maioria, um vidro temperado de 3,2 mm, a prova de granizo, requerendo apenas uma limpeza básica com água a cada 5 meses (isso na ausência de chuva em local com muita poluição). No geral o sistema de energia solar é desenvolvido para durar no mínimo 25 anos com manutenção mínima (DCN ENERGIA SOLAR, 2017).

Outro fator é que apesar de sua eficiência ser maior o sistema mecânico, chamado de girassol, que se ajusta perpendicularmente ao sol além de consumir energia para isso e ser mais caro que o sistema convencional necessita de manutenção o



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

que torna o sistema convencional uma opção mais viável.

Recomenda utilizar estruturas de alumínio e/ou aço inox, pois estarão sujeitas a intemperismo de pelo menos 25 anos. Um tipo de placa interessante de se trabalhar e de maior confiabilidade é da fabricante de painéis fotovoltaicos Axitec, gira em torno de 750 reais e suas dimensões são 1,640m x 0,990m (existem placas maiores, porém elas são mais arriscadas de se trabalhar devido fatores como rajadas de vento e existem placas mais baratas porém não apresentam tanta confiabilidade). (DCN ENERGIA SOLAR, 2017). O resumo tem como objetivo específico avaliar a viabilidade de produção de energia solar na região de Vitória

MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar o referido trabalho utilizou-se dados de 1961 até 2016 retirados do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP, 2017), estes referentes à Vitória-ES, a uma latitude 20° 31' Sul, longitude de 40°31' Oeste com altitude de 36,2 metros.

A partir destes dados foi realizada a média de radiação por dia e por mês, que estão apresentados na FIGURA 1, a partir dessas médias foi calculado a área necessária para instalação de painéis fotovoltaicos com a eficiência de 8,84% e 10,89% (TESSARO & SOUZA, 2006).

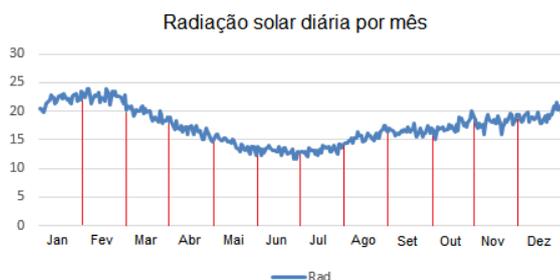


Figura 1. Radiação solar diária por mês em MJ.m⁻²dia⁻¹

Foi utilizado do banco dados a menor radiação solar diária que foi 11,680 MJ/m².dia (referente ao mês de junho, FIGURA 1 e a intensidade média histórica, que foi de 17,400 MJ/m².dia para calcular qual seria a área necessária, de placas convencionais e de placas que se mantém perpendicular a incidência solar, para suprir a necessidade de uma pessoa.

Primeiramente foi usado a média de consumo 2,712 MWh/hab.ano (BEES; ASPE, 2012) isto equivale 9,76X10⁹ J.ano/hab. Utilizando a menor radiação solar diária que é 11,68 MJ/M².dia temos

que uma placa com 100% de eficiência teria como necessidade uma área de 835,6 m²/365dias= 2,29 m², todavia as eficiências das placas são 8,84% e 10,89% e elas seriam necessárias de 25,890m² e 21,030 m² respectivamente.

Para a situação de radiação solar média temos 17,40 MJ/m².dia, temos então para uma placa com 100% de eficiência teria como necessidade uma área de 560,92 m²/365= 1,540 m², e, para as placas de 8,84% e 10,89% de eficiência seria necessário 17,380 m² e 14,140 m² respectivamente.

Utilizando a tarifa de energia de R\$ 0,33947/Kwh (ESCELSA; EDP, 2016), temos que um joule de energia custa aproximadamente R\$ 9,43x10⁻⁸, desconsiderando impostos e taxas do serviço da empresa de energia uma pessoa gasta com energia R\$ 920,37 por ano. A placa que escolhemos tem 1,624 m² aproximadamente (1,640 m x 0,990 m) ou seja, na situação mais caótica nestes 55 anos seria necessárias 16 placas para suprir a necessidade energética de uma pessoa. Utilizando a média histórica essa necessidade de placas cai para 11.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados destes 55 anos (apresentado na TABELA 1) temos que a radiação solar diária mais baixa se deu na época de junho logo nessa época temos uma situação energética menos favorável, isto se dá principalmente devido menos horas de incidência do sol nesta época e também por fatores atmosféricos (nuvens).

Quadro 1. Radiação mensal média de 1961-2016.

Mês	Radiação média (MJ/m ² .dia)
Janeiro	21,95
Fevereiro	22,62
Março	19,52
Abril	16,61
Maio	14,22
Junho	12,99
Julho	13,35
Agosto	15,82
Setembro	16,46
Outubro	17,63
Novembro	18,27
Dezembro	19,61

Como temos a necessidade de 16 placas fotovoltaicas temos que o investimento inicial em uma situação energética caótica deveria ser de R\$ 12.000, e como o gasto apenas com energia é de



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

R\$ 920,37 por ano temos que o investimento se paga em pouco mais de 13 anos. Agora, utilizando uma situação mais próxima da realidade que seria a média histórica 11 placas deveriam ser compradas o que dá um investimento inicial de R\$ 8.250, logo ele se paga em pouco menos de 9 anos.

Estes valores tendem a ser mais otimistas se considerar que o preço da energia dependente de combustíveis fósseis geralmente aumenta com o tempo. Um fator a ser levado em consideração é que nosso país tem todos os recursos naturais para produzir esta tecnologia, o que diminui a dependência de importações, ou seja, caso ocorra incentivos à produção deste tipo de energia é provável que seu custo seja cada vez mais barato.

Uma ação relativamente simples que pode ser realizada pela empresa fornecedora de energia é instalar apenas alguns painéis em casa mais adequadas.

Na FIGURA 2 percebe-se claramente que medidas para gerar uma energia limpa é imprescindível para o estado do Espírito Santo, uma vez que a quantidade de energia vinda de termo elétricas é muito grande.

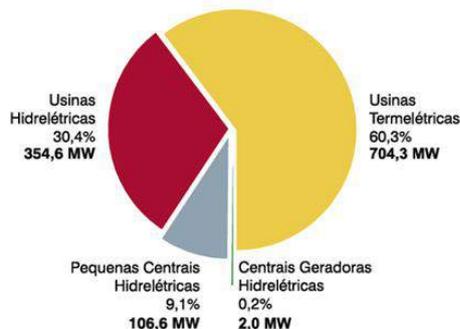


Figura 1. Tipos de energia que abasteciam o Espírito Santo em 2009

CONCLUSÕES

Mesmo na situação energética menos favorável em 55 anos temos que o investimento se paga, neste caso específico foi um pouco mais de 13 anos, o painel que foi feito para durar no mínimo 25 anos vai gerar 12 anos de energia sem praticamente nenhum gasto, e esta é uma energia nobre pois é limpa e abundante. A conclusão é que é viável produzir energia solar na região de Vitória-ES.

AGRADECIMENTOS

Ao GESAI pelo auxílio na realização deste trabalho. Ao CNPq e CAPES pelas bolsas

concedidas aos co-autores e autores. Ao profissional da área Silvio César Lanna pelas ideias valiosas para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BDMEP. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdme>>. Acesso em: 2 de fevereiro de 2017.

BEES; ASPE. **BALANÇO ENERGÉTICO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**. Espírito Santo: Secretaria de desenvolvimento do Espírito Santo, 2012. Disponível em:

<http://www.aspe.es.gov.br/download/Balanco_Energetico_2012_Ano_base_2011.pdf>. Acesso em: 8 de novembro de 2017.

DCN ENERGIA SOLAR. **Painéis Solares Fotovoltaicas**. Disponível em: <<http://dcnenergiasolar.com.br/>>. Acesso em: 8 de novembro de 2017.

ECELSA; EDP. **Homologação as Tarifas de Energia para o Espírito Santo**. Disponível em:

<<http://www.edpbr.com.br/CentralDocumentos/TABELA%20DE%20TARIFAS%20ES%20MT%20PRE%20C3%87%20OS%20ABERTOS%2007%2008%2016%20Atualizada%20Bandeira%20Amarela%202017.pdf>>. Acesso em: 8 de novembro de 2017.

IBGE. **Estatística cidades do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Informativo. Disponível em:

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/vitoria/panorama>>. Acesso em: 8 de novembro de 2017.

TESSARO, A. R.; SOUZA, S. N. Desempenho de um painel fotovoltaico acoplado a um rastreador solar. **Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural**, 2006.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

VARIABILIDADE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO EM FUNÇÃO DA COBERTURA VEGETAL

Taiza dos Santos Azevedo¹, Lariza dos Santos Azevedo², Ana Beatriz Fernandes Ferreira³, André Felipe Rocha da Silva⁴, Bruno da Silveira Pinheiro⁵

¹Mestranda em Engenharia Civil - UFV. e-mail: taiza.azevedo@engenharia.ufjf.br; ²Mestre em saneamento – UFMG. e-mail: lariza.azevedo@engenharia.ufjf.br; ³Engenheira Ambiental e Sanitarista - UFJF. e-mail: ana.fernandes@engenharia.ufjf.br, ⁴Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental - UFJF. e-mail: andre.felipe@engenharia.ufjf.br, ⁵ Engenheiro Ambiental e Sanitarista - UFJF. e-mail: bruno.pinheiro@engenharia.ufjf.br

RESUMO: Este trabalho buscou avaliar a influência de distintas coberturas vegetais nas características físicas e químicas de um solo localizado no município de Juiz de Fora a partir da realização de análises químicas e físicas de caracterização do solo e análises estatísticas. Foram analisados os parâmetros: pH, condutividade elétrica, porosidade e densidade do solo e da partícula e realizados os testes estatísticos ANOVA e teste de *Tukey*. A partir dos resultados obtidos observou-se que parâmetros como pH, porosidade e densidade das partículas apresentaram valores próximos aos esperados para solos brasileiros. De acordo com o teste estatístico de análise de variância, os parâmetros pH, condutividade elétrica, densidade do solo e porosidade variaram significativamente. Pressupõe-se que os diferentes manejos do solo não influenciaram significativamente a densidade das partículas. A partir dos resultados obtidos, é possível observar que, embora localizadas em uma mesma região, o tipo de cobertura vegetal exerce influência nas condições do solo, indicando que as especificidades do solo devem ser consideradas tanto para escolha da cobertura vegetal, como para a adoção de medidas mitigadoras.

Palavras-Chave: sistema de cultivo, uso do solo, análises estatísticas

INTRODUÇÃO

A variabilidade observada nas características do solo de distintas regiões pode estar relacionada ao relevo, tipo de solo, vegetação presente e histórico de uso e ocupação do solo. Nesse sentido, é desejável que cada região seja tratada de maneira individual, de acordo com as suas potencialidades e necessidades. A caracterização das particularidades

de cada região pode ser realizada a partir de diversos parâmetros e análises, dentre estes, parâmetros físicos e químicos possuem especial destaque devido à simplicidade para sua determinação, tornando-se fundamental para a caracterização dos solos.

Através dos parâmetros físicos e químicos, é possível concluir a respeito da fertilidade do solo, além de possibilitar o acompanhamento de impactos associados a fatores intervenientes, tais como alterações naturais e antrópicas, no ecossistema ao longo do tempo. Tais parâmetros estão diretamente associados a processos hidrológicos, que por sua vez promovem alterações ao longo de toda a bacia hidrográfica a partir de processos como infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão, que afetam o armazenamento de água, nutrientes e oxigênio no solo (BRADY & WEIL, 2012).

Sob o ponto de vista agrícola, um dos principais indicadores de qualidade de solo é a estrutura do mesmo, que pode ser avaliada pela agregação e granulometria das partículas, bem como a partir de propriedades químicas do solo, como o pH e a condutividade elétrica. Estes parâmetros estão relacionados com os processos e conversões presentes no solo e nas suas características sob distintas condições (BRADY & WEIL, 2012).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de quatro distintas coberturas vegetais nas características físicas e químicas do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Tratamentos e amostragens

O estudo foi realizado na Fazenda Cachoeirinha, localizada no distrito de Sarandira, no município de Juiz de Fora/MG. Foram selecionadas quatro coberturas vegetais distintas, a saber: plantação de



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

eucalipto, capim braquiária, árvores frutíferas e região de mata nativa.

A amostragem foi realizada de acordo com Santos *et al.* (2005), a partir de amostras integradas realizadas em triplicata, cada uma delas composta por 20 a 30 amostras simples coletadas em caminhamento em zigzag. As amostras simples foram coletadas em profundidade de 0 a 20 centímetros.

As análises foram realizadas no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) da Universidade Federal de Juiz de Fora (MG), no qual as mesmas foram secas durante uma semana a fim de igualar o teor de umidade da amostra ao do ar. Em seguida, as amostras foram destorroadas e o solo foi separado do cascalho com o auxílio de uma peneira (2mm).

As análises dos parâmetros pH (em solução de cloreto de potássio, cloreto de cálcio e água), condutividade elétrica, densidade do solo e densidade da partícula foram realizadas de acordo com o Manual de Métodos e Análises de Solo da Embrapa (2011).

Delineamento e análise estatística

A fim de verificar a influência da cobertura vegetal nas características do solo, foi realizada a análise de variância (ANOVA). Nesse teste, são estabelecidas duas hipóteses: a hipótese H_0 , que supõe que não existe variação entre as coberturas vegetais, e a hipótese H_1 , que existe variação. O nível de significância adotado foi de 5%.

Após a realização da análise de variância, adotou-se o teste de *Tukey* para identificar quais coberturas vegetais diferiram entre si. Este teste se baseia na diferença mínima significativa que assegura a todas as comparações, um nível comum de significância de 5%.

Ambos os testes foram realizados através do *software* SISVAR (Versão 5.6), desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras (UFLA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme observado para solos brasileiros, todos os valores de pH obtidos, apresentados no **Quadro 1**, foram inferiores a 7, caracterizando assim o solo como ácido. Estes valores estão fora da faixa desejável para a agricultura, uma vez que reduzem a disponibilidade de nutrientes para a planta. A faixa ideal de pH é entre 6,0 e 6,5, podendo ser estendida de 5,5 a 6,8 (BRADY & WEIL, 2012).

O pH em condições muito ácidas (abaixo de 4,5), como observado para as amostras da região de mata nativa e plantação de eucalipto, pode

ocasionar a dissolução de elementos que influenciam o desenvolvimento de plantas. Por se tratar de regiões com elevado número de árvores, essa acidez pode estar relacionada com a decomposição da matéria orgânica presente nas folhas, processo no qual há geração de compostos orgânicos ácidos. Sendo assim, é necessária a correção do pH do solo das áreas em estudo, notadamente as áreas de mata e plantação de eucalipto.

Quadro 1. Média dos parâmetros pH e condutividade elétrica e seus respectivos desvios padrão.

Parâmetro	pH		Condutividade elétrica ---- $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ----	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Eucalipto	4,15	0,03	78,17	1,16
Mata	4,26	0,06	59,17	11,50
Frutífera	5,13	0,46	91,37	31,70
Braquiária	4,90	0,08	24,73	6,25

Observou-se que todas as áreas apresentaram solo eletronegativo, resultado também esperado para solos do Brasil, por estes serem intemperizados. Esse resultado é importante para a previsão das modificações das características do solo quando exposto a algum composto específico. No caso de solos eletronegativos, a presença de nitrato (NO_3^-) em excesso pode causar impactos ambientais, uma vez que o solo não é capaz de assimilar este composto, ocasionando sua lixiviação e possível contaminação de águas subterrâneas.

Solos que apresentam condutividade elétrica superior a $4000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ são considerados salinos. Dessa maneira, todas as amostras resultaram em solo não salino, indicando que a presença de solutos inorgânicos dissolvidos, como por exemplo os íons Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} e Cl^- , não é elevada. Os baixos valores obtidos para todas as amostras podem estar associados a um déficit nutricional, havendo a necessidade de uma análise específica da composição nutricional do solo para determinação da demanda por fertilizantes em cada área avaliada.

A densidade do solo é um parâmetro altamente dinâmico, que pode ser alterado através de compactação ou movimentação de terra. Os resultados obtidos, apresentados no **Quadro 2**, estão dentro da faixa esperada, de 0,8 a $1,8 \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

A densidade da partícula, ao contrário da descrita anteriormente, é mais estática. Esta característica varia em função da composição das



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

partículas, de modo que solos com elevada quantidade de minerais apresentam maior densidade de partícula, ao passo que solos com elevado teor de matéria orgânica apresentam densidade mais baixa. Em média, os solos brasileiros apresentam densidade de partícula de 2,5 a 2,6 g.cm⁻³, valores próximos aos obtidos para as amostras de solo avaliadas.

Quadro 2. Média dos parâmetros densidade do solo, da partícula e porosidade e seus respectivos desvios padrão.

Parâmetro	Densidade do solo		Densidade da partícula	
	(g.cm ⁻³)			
Amostra	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Eucalipto	1,13	0,05	2,57	0,07
Mata	1,02	0,04	2,56	0,04
Frutífera	1,04	0,02	2,50	0,05
Braquiária	0,98	0,02	2,57	0,02

A porosidade é necessária para que ocorra a infiltração e absorção de água, fundamental para a sobrevivência e desenvolvimento da vegetação. A faixa ideal para a agricultura é da ordem de 45-65%, faixa na qual os resultados obtidos para a porosidade das amostras analisadas se enquadram (**Quadro 3**).

De acordo com o teste estatístico de análise de variância, os parâmetros pH, condutividade elétrica, densidade do solo e porosidade variaram significativamente. A partir desta análise, pressupõe-se que os diferentes manejos do solo não influenciaram significativamente a densidade das partículas, confirmando a estaticidade deste parâmetro.

A verificação de quais amostras diferiram entre si, foi realizada a partir do Teste de Tukey, cujos resultados são apresentados no **Quadro 3**.

Quadro 3. Resultados obtidos no teste de Tukey.

Parâmetro	pH	CE (µS.cm ⁻¹)	ρ _{solo} (g.cm ⁻³)	n (%)
Eucalipto	4,15a	78,17b	1,13b	55,93a
Mata	4,26a	59,17ab	1,02a	60,21b
Frutífera	5,13b	91,37b	1,04a	58,27ab
Braquiária	4,90b	24,73a	0,98a	61,95b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si para o teste Tukey (P<0,05). CE: condutividade elétrica; ρ_{solo}: densidade do solo; n: porosidade.

Os valores observados para o pH das amostras de eucalipto e de mata foram significativamente inferiores aos das amostras de frutífera e braquiária. Este fato pode estar relacionado com a maior decomposição de matéria orgânica presente nessas regiões, que ocasionam a formação de compostos orgânicos ácidos.

Em relação à condutividade elétrica, foram observadas diferenças entre a região de braquiária, (significativamente inferior) e as regiões de frutífera e eucalipto. Entretanto, apesar dessa diferença observada, todas as coberturas vegetais apresentaram baixos valores para este parâmetro, o que pode estar relacionado com a escassez de nutrientes no solo.

A região com plantação de eucalipto apresentou densidade do solo significativamente superior à das demais coberturas. Conforme esperado, a porosidade da amostra de eucalipto foi significativamente inferior à de mata e braquiária, demonstrando um solo mais compactado.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados neste trabalho, conclui-se que há relação entre a cobertura vegetal e as características do solo. Embora relações notáveis não tenham sido observadas para parâmetros como a condutividade elétrica, que apresentou baixos valores para todas as amostras avaliadas, parâmetros como pH indicam que a cobertura vegetal adotada exerce influência nas condições observadas, possivelmente devido à maior ou menor decomposição de folhas associadas ao tipo de vegetação. Nesse cenário, ainda que localizadas em uma mesma região, o tipo de cobertura vegetal influencia as condições físicas e químicas do solo, indicando que as especificidades do solo devem ser consideradas tanto para escolha da cobertura vegetal, como para a adoção de medidas mitigadoras (correção de pH e uso de fertilizantes).

REFERÊNCIAS

- BRADY, N. C.; WEIL, R.R. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 716 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2011. 230 p.
- SANTOS, R.D., LEMOS, R.C., SANTOS, H.G., KER, J.C., ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: UFV, 2005. 46 p.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

MÉTODO SIMPLIFICADO PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA PELOTAS-RS

Matheus Pereira Gomes Raimundi¹, Filliph Gomes Palma², Gustavo Berger Schaeffer³, Helizani Couto Bazame⁴, Daniel Althoff⁵, Vinicius Mendes Rodrigues de Oliveira⁵, Robson Argolo dos Santo⁶, Rafael Gomes Martins⁷, Igor Lopes de Faria⁸, Santos Henrique Brant Dias⁹, Rafael Gomes Martins¹⁰, Catariny Cabral Aleman¹¹

¹Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: matheuspr@gmail.com; ² Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: filliph.palma@gmail.com; ³ Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: gustavo.schaeffer@ufv.br; ⁴ Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: helizanicouto@gmail.com; ⁵ Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: daniel_althoff@hotmail.com; ⁶ Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: viniciusmro91@gmail.com; ⁷ Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: argolo.agro@gmail.com; ⁸ Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: rgomesmartins1@gmail.com; ⁹ Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: igorbenks@gmail.com; ¹⁰ Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: santosdiasagro@gmail.com; ¹¹ Docente Departamento de Engenharia Agrícola-UFV. E-mail: catariny@ufv.br;

RESUMO: A evapotranspiração de referência representa a quantidade de água evaporada do solo e da vegetação para a atmosfera. Sua determinação de forma precisa é de grande importância para determinar a lâmina exata de água a ser aplicada na irrigação e, conseqüente, manejo adequado da irrigação. Desse modo, o objetivo desse trabalho foi determinar coeficientes de ajuste dos métodos propostos por Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani para determinação de evapotranspiração de referência, visando maior precisão em relação ao método padrão da FAO. Os dados utilizados nesse trabalho foram disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, os cálculos para determinação da evapotranspiração foram realizados através do software Clima®, analisados por meio de métodos estatísticos que avaliam: a tendência de subestimar ou superestimar valores, a correlação entre os métodos, a medida da magnitude média do erro através da diferença quadrática entre os dados estimados e observados, valor médio dos erros absolutos e o poder preditivo do modelo. O método de Priestley-Taylor apresentou valores próximos ao proposto por Penman-Monteith após o ajuste, enquanto o método Hargreaves-Samani apresentou valores discrepantes em relação ao método padrão, que foram minimizados após o ajuste. Sendo o método Hargreaves-Samani recomendado quando não for possível utilizar os métodos de Penman-Monteith e Priestley-Taylor, já que necessita somente dados de temperaturas máximas e mínimas locais.

Palavras-Chave: balanço hídrico, estações meteorológicas, manejo de irrigação, métodos estatísticos.

INTRODUÇÃO

Com a recente preocupação com os gastos excessivos de água, o uso agrícola é responsável por 53% do consumo de água outorgável (ANA, 2014), a determinação exata da quantidade de água a ser aplicada na cultura é essencial para um manejo adequado, contribuindo para evitar desperdício.

Uma vez que o método indicado como padrão pela *Food and Agriculture Organization* (FAO) (Penman-Monteith FAO56) exige grande quantidade e variedade de parâmetros de entrada para estimar os valores de evapotranspiração de referência, ele é considerado mais preciso ao se comparar com outros métodos (JUNIOR et al., 2011). Assim, o objetivo desse trabalho é, para a cidade de Pelotas, definir coeficientes de ajuste para os métodos de estimativa de evapotranspiração propostos por Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani, comparando-os com o método padrão Penman-Monteith FAO56.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados climáticos foram obtidos da estação meteorológica de Pelotas-RS (31°46'S; 52°20'O) disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP).

Foram calculadas as evapotranspirações de referência pelos métodos de Penman-Monteith, Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani utilizando o software Clima® do IAPAR e, posteriormente, plotados em gráficos para encontrar a correlação linear entre eles. Os dados da estimativa obtidos pelas equações de Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani foram então corrigidos e seus desempenhos avaliados.

As avaliações estatísticas foram realizadas com base em diferentes índices estatísticos que



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

apresentam diferentes objetivos de avaliação. O coeficiente de determinação (r^2) indica o poder preditivo da sua reta de regressão associada entre duas variáveis.

A raiz do erro quadrático médio (RMSE) fornece uma medida da magnitude média do erro através da diferença quadrática entre os dados estimados e observados. O erro médio absoluto (MAE) fornece um valor médio dos erros absolutos. Tanto o RMSE quanto o MAE variam de 0 a $+\infty$, o RMSE confere um peso alto aos maiores desvios, evidenciando a presença de outliers, útil para apontar erros que são particularmente indesejáveis (WILKS, 2011; WILLMOTT; MATSUURA, 2005).

O erro médio dos desvios (MBE) é indicado para visualizar as tendências de subestimativas ou superestimativas. Já o coeficiente de Nash-Sutcliffe (NSE) é usado para avaliar o poder preditivo do modelo, variando entre $-\infty$ e 1, onde 1 corresponde o ajuste perfeito entre os dados estimados pelo modelo com os dados medidos (MORIASI et al., 2007; WILLMOTT, 1982).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 observam-se os índices estatísticos obtidos entre a correlação dos métodos de Priestley-Taylor/Penman-Monteith e Hargreaves-Samani/Penman-Monteith.

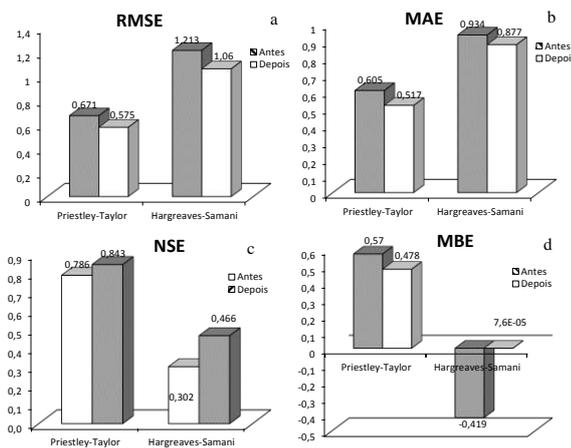


Figura 1. Os índices estatísticos. a-RMSE, b-MAE, c-NSE, d-MBE.

Após os ajustes nota-se melhorias nos valores da Figura 1c, NSE, onde os obtidos pelo método de Priestley-Taylor aproximaram-se de 1, o que corresponde ao ajuste perfeito entre os dados, sendo os valores 0,786 antes do ajuste e 0,843 após enquanto o método de Hargreaves-Samani obteve 0,302 antes do ajuste e 0,466 depois.

As Figuras 1a e 1b mostram a diminuição do erro em ambos métodos após o ajuste. Na figura 6, uma

diminuição entre a diferença quadrática entre o esperado (método de Penman-Monteith) e o observado (métodos de Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani) e, na figura 7, uma diminuição do erro absoluto de $0,088 \text{ mm.dia}^{-1}$ no método de Priestley-Taylor e $0,057 \text{ mm.dia}^{-1}$ no método de Hargreaves-Samani.

Na Figura 2 pode-se observar a regressão linear e os respectivos coeficientes de calibração para cada método.

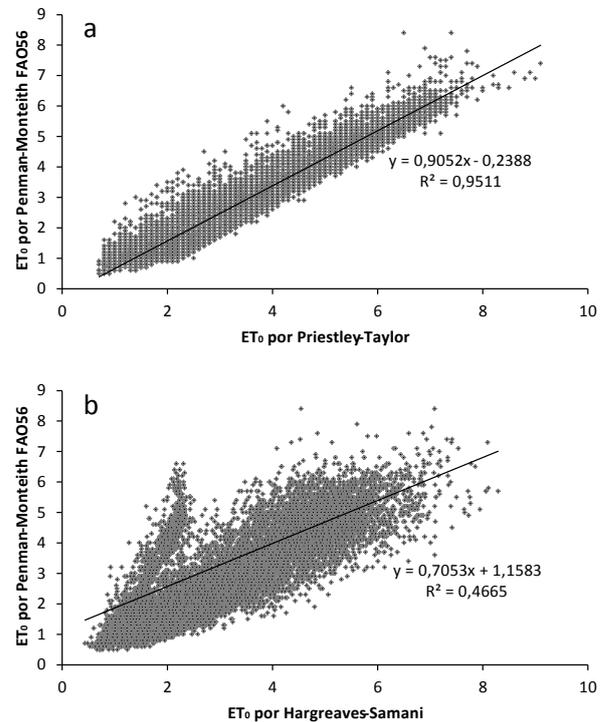


Figura 2. a-Regressão entre evapotranspiração de referência de Priestley-Taylor e Penman-Monteith. b-Regressão entre evapotranspiração de referência de Hargreaves-Samani e Penman-Monteith.

Analisando a correlação entre os métodos, a equação Hargreaves-Samani apresentou desempenho não muito diferente do Priestley-Taylor, por outro lado, o modelo Hargreaves-Samani e o método padrão apresentaram correlação de 0,466, muito diferente do Priestley-Taylor que foi de 0,951. Nota-se também no gráfico (Figuras 2) que os valores de r^2 não alteraram após o ajuste, isso se deve ao fato de que o ajuste altera somente a posição da reta, e o seu coeficiente angular.

Pode-se notar na Figura 1d que após o ajuste, os valores continuam sendo subestimados pela equação de Priestley-Taylor diferente da equação de Hargreaves-Samani que passou a subestimar e chegou próximo de 0.

O modelo padrão da FAO é reconhecidamente preciso, porém exige grande quantidade de dados, e



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

consequentemente maior aporte financeiro e técnico, e, uma vez que ambos nem sempre estão à disposição, há a necessidade de se calibrar métodos alternativos menos exigentes, como o de Priestley-Taylor que utiliza somente dados de radiação líquida e um fator de correção dependente da temperatura (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997), e do coeficiente psicométrico, e o método Hargreaves-Samani, que apesar de ser menos preciso, requer apenas dados de temperatura mínima e máxima da região, sendo viável para pequenos produtores gerenciarem suas áreas irrigadas. Os métodos alternativos tornam-se mais precisos e econômicos após a calibração.

(RMSE) in assessing average model performance. **Climate Research**, v. 30, p. 79–82, 2005.

- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p

CONCLUSÕES

Os métodos de Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor apresentaram maior precisão após a calibração, proporcionando viabilidade na estimativa de evapotranspiração de referência para o município de Pelotas-RS, sendo o método de Priestley-Taylor considerado melhor método devido a precisão.

AGRADECIMENTOS

Aos membros do GESAI que contribuíram para realização deste trabalho. Ao CNPq e CAPES pelas bolsas concedidas aos co-autores do trabalho.

REFERÊNCIAS

ANA. **Política Nacional de Irrigação impulsiona emissão de outorgas**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2014/01/politica-nacional-de-irrigacao-impulsiona-emissao-de-outorgas>>. Acesso em: 2 nov. 2017.

JUNIOR, E. G. C. et al. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semi árido Nordeste. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. Suplp, p. 1699–1708, 6 dez. 2011.

MORIASI, D. N. et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Transactions of the ASABE**, v. 50, n. 3, p. 885–900, 2007.

WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. Oxford; Waltham, MA: Academic Press, 2011.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin American Meteorological Society**, v. 30, p. 1309–1310, 1982.

WILLMOTT, C.; MATSUJURA, K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE LATICÍNIOS COM COAGULANTE NATURAL VIA FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO

Gustavo Lopes Muniz¹, Douglas Venâncio Souza², Alisson Carraro Borges³

¹Mestrando em Engenharia Agrícola – UFV. Bolsista de mestrado do CNPq, e-mail: gustavo.l.muniz@ufv.br; ²Aluno de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV; e-mail: douglas_venanciosouza@hotmail.com; ³Professor Dr. no Departamento de Engenharia Agrícola – UFV, e-mail: borges@ufv.br

RESUMO: Águas residuárias de laticínios (ARL), assim como qualquer outro efluente, necessitam ser tratadas antes de serem lançadas em corpos receptores. Neste trabalho, investigou-se o uso de coagulante natural extraído do quiabo na remoção da turbidez e demanda química de oxigênio (DQO) de ARL. Foi utilizado um delineamento composto central (DCC) para otimizar as variáveis dosagem de coagulante e pH do meio. Os resultados mostraram que o quiabo apresenta excelente potencial para substituição dos coagulantes químicos, atualmente, utilizados no tratamento preliminar quimicamente assistido. O valor ótimo de dosagem do quiabo para a remoção da turbidez e DQO da ARL foi 1992 mg L⁻¹ em pH 9,00.

Palavras-chave: efluente, otimização, quiabo, superfície de resposta

buscou avaliar o desempenho do quiabo (*Abelmoschus esculentus*) como coagulante no tratamento de águas residuárias de laticínios via flotação por ar dissolvido.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo e preparo da água residuária utilizada

O experimento foi realizado no laboratório de Instrumentação do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, Viçosa-MG. Utilizou-se água residuária sintética preparada conforme Healy et al. (2007). A água apresentou pH inicial de 7,1, turbidez de 698 UNT e demanda química de oxigênio (DQO) igual a 3037,5 mg L⁻¹. Todas as análises foram feitas de acordo com APHA (2012).

Preparo do coagulante

Utilizou-se frutos de quiabo maduros, secos em estufa a 110 °C, triturados e peneirados para a padronização do tamanho das partículas. Utilizou-se partículas com tamanho entre 20 e 50 mesh.

Planejamento experimental

Foi avaliado o desempenho do coagulante do quiabo na remoção da turbidez e da DQO sob o efeito de diferentes dosagens e diferentes valores de pHs, utilizando o delineamento composto central rotacional (DCCR) para a otimização das variáveis. O DCC consistiu em um fatorial 2² com 4 pontos axiais e 5 pontos centrais, totalizando 13 ensaios, cujo esquema representativo com as respectivas codificações podem ser vistas na **tabela 1**.

Tabela 1. Níveis das variáveis estudadas.

Variáveis	Níveis codificados e reais das variáveis independentes				
	-α	-1	0	+1	+α
Dose de quiabo (mg L ⁻¹)	0	293	1000	1707	2000
pH	5	5,6	7,0	8,4	9,0

INTRODUÇÃO

O descarte inapropriado de efluentes de laticínios pode provocar impactos ambientais negativos tanto na água, quanto no solo (Garcha et al., 2016). Os métodos de tratamento de água residuária de laticínios utilizam princípios físico-químicos ou biológico para obter um efluente menos nocivo ao meio ambiente. Dentre os métodos físico-químicos a flotação por ar dissolvido tem ganhado destaque por ser um sistema compacto e altamente eficiente (Davarjejad et al., 2016).

Em busca de maior eficiência no tratamento de efluentes, coagulantes químicos têm sido adicionados à etapa do tratamento primário, processo conhecido como tratamento primário quimicamente assistido (TPQA), visando maior remoção de sólidos e material orgânico. Contudo, o uso de coagulantes químicos gera uma poluição secundária que é o lodo produzido, além de aumentar os custos de tratamento com a disposição deste lodo (Garcha et al., 2016).

Assim, são necessários estudos que busquem fontes alternativas de coagulantes que possam ser empregados no TPQA sem comprometer a eficiência do processo, que seja de baixo custo, que não agrida o meio ambiente e de fácil obtenção. Nesse sentido, este estudo



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Ensaio de coagulação/floculação e flotação

Os ensaios de coagulação floculação foram realizados em equipamento *Jart Test*. Um litro de ARLS, preparada anteriormente, era adicionado em béqueres de 2 litros e o sistema era submetido a uma velocidade de mistura rápida de 200 rpm durante 1 min., nesse período adicionava-se o coagulante, dosado em uma balança analítica, e ajustava-se o pH para o valor desejado, utilizando-se um pHmetro de bancada.

Após a coagulação, reduzia-se a agitação do sistema para 30 rpm durante 15 min. para que houvesse a formação dos flocos. Passados os 15 min desligava-se o *Jar Test* e a ARLS era transferida, manualmente, do béquer para a coluna de flotação.

Nos ensaios de flotação, utilizou-se um flotatesto composto por um compressor, uma câmara de saturação com ar e uma coluna com capacidade de 2 L para flotação. O sistema foi submetido a uma pressão de 8 bar, razão de recirculação de 20% e o tempo de flotação utilizado foi de 5 min.

Após a flotação, uma amostra era coletada na parte inferior da coluna para análise da turbidez e DQO residual.

Análise estatística

Foi realizada a análise de variância (ANOVA), a um nível de confiança de 95%, para estimar os parâmetros estatísticos e avaliou-se a predição ou não do modelo. Os pontos ótimos foram obtidos com auxílio da função *Response Optimizer* do programa estatístico Minitab 17.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de variância

Os resultados da análise de variância estão apresentados nas tabelas 2 e 3 para a turbidez e DQO removidas, respectivamente. Os indicadores de ajuste do modelo indicaram um bom ajuste do modelo escolhido (R^2 : 0,98; R^2 ajustado: 0,97 e R^2 predito: 0,91 para turbidez e R^2 : 0,94; R^2 ajustado: 0,90 e R^2 predito: 0,70 para a DQO).

Tabela 2. Resultado da ANOVA para turbidez.

Fonte	GL	F calculado	p-valor
Modelo	4	85,35	< 0,001*
Linear	2	69,18	< 0,001*
Dose	1	132,29	< 0,001*
pH	1	6,06	0,039*
Quadrado	2	101,52	< 0,001*

Dose ²	1	8,55	0,019*
pH ²	1	201,87	< 0,001*
Erro	8		
Falta de ajuste	4	5,22	0,069 ^{ns}
Erro puro	4	*	*
Total	12		

*significativo ($p < 0.05$); ns: não significativo ($p > 0.05$); ²interações pH*pH e Dose*Dose.

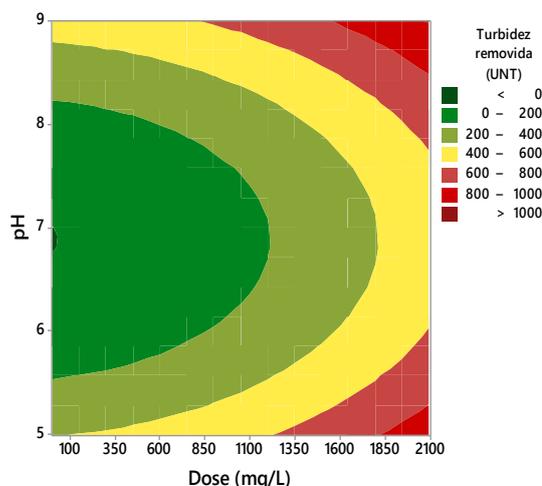
Tabela 2. Resultado da ANOVA para DQO.

Fonte	GL	F calculado	p-valor
Modelo	5	22,89	<0,001*
Linear	2	38,68	<0,001*
Dose	1	61,20	<0,001*
pH	1	16,16	0,005*
Quadrado	2	15,42	0,003*
Dose ²	1	9,87	0,016*
pH ²	1	17,06	0,004*
Interação	1	6,24	0,041*
Erro	7		
Falta de ajuste	3	2,87	0,168 ^{ns}
Erro puro	4	*	*
Total	12		

* significativo ($p < 0.05$); ns: não significativo ($p > 0.05$); ²interações pH*pH e Dose*Dose.

Foi observado que todos os fatores estudados foram significativos na remoção da turbidez e DQO. A falta de ajuste do modelo foi não significativa, o que é desejável para um modelo de regressão. Na figura 1 pode ser visto o desempenho do quiabo na remoção da turbidez (a) e da DQO (b) da ARL.

(a)





II SIMEEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

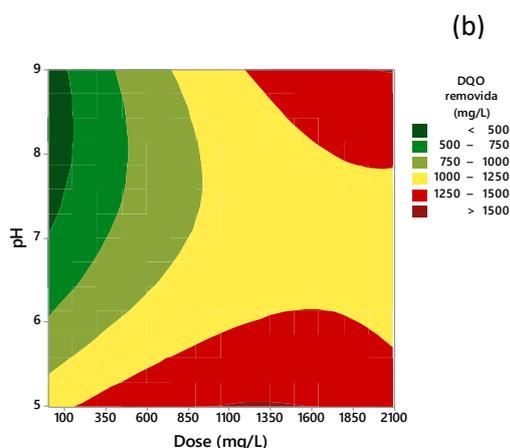


Figura 1. Curvas de contorno para a remoção da turbidez (a) e da DQO (b).

A eficiência de remoção da turbidez foi fortemente dependente da dosagem de coagulante e do pH do meio. As maiores remoções de turbidez ocorreram em valores extremos de pH e com maior dosagem de coagulante.

As melhores condições para a remoção de turbidez ocorreram quando o pH do meio foi reduzido para 5,58 ou elevado para 8,42 (89,15 e 91,73% de remoção, respectivamente) com 1707 mg L⁻¹ de coagulante. Freitas et al. (2015) estudando a otimização dos processos de coagulação/floculação de efluente da indústria têxtil observaram elevada remoção de turbidez (97,24%) utilizando o quiabo como auxiliar de floculação, na dosagem de 3,2 mg L⁻¹ e pH ácido, entre 5,0 e 6,0.

Em relação à DQO, maiores remoções foram conseguidas com a adição de coagulante e em pHs extremos. O aumento da concentração do coagulante para valores acima de 1500 mg L⁻¹ proporcionou uma diminuição na eficiência de remoção da DQO em pH 5,0. O melhor resultado foi encontrado com a dosagem intermediária de coagulante, 1000 mg L⁻¹ em pH 5,58, onde a eficiência de remoção da DQO foi de 47,4%.

Cada coagulante tem uma faixa específica de pH em que atua com maior eficiência, fato que foi observado nesse trabalho, além disso, a caseína, proteína encontrada em maior quantidade no leite, tende a precipitar em pH 4,6.

Obtenção dos modelos matemáticos e validação

Os modelos obtidos para a remoção de turbidez e DQO estão descritos nas Equações 1 e 2, respectivamente.

$$\begin{aligned} \text{Turbidez removida (UNT)} &= 5238 \\ &+ 0,0545 (\text{Dose}) - 1522 (\text{pH}) \\ &+ 0,000092 (\text{Dose} \times \text{Dose}) + 110,52 (\text{pH} \times \text{pH}) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\begin{aligned} \text{DQO removida (mg L}^{-1}\text{)} &= 5186 \\ &- 0,003 (\text{Dose}) - 1142 (\text{pH}) - 0,000207 \\ &(\text{Dose} \times \text{Dose}) + 67,6 (\text{pH} \times \text{pH}) \\ &+ 0,1083 (\text{Dose} \times \text{pH}) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 2})$$

A determinação do melhor tratamento dentro da condição de contorno testada foi feita concomitantemente considerando a eficiência de remoção da turbidez e da DQO. O ponto ótimo encontrado foi na dosagem de coagulante de 1999 mg L⁻¹ em pH 9,00.

CONCLUSÃO

O quiabo apresentou excelente desempenho no tratamento de ARL, podendo substituir os coagulantes químicos, atualmente, utilizados no TPQA.

REFERÊNCIAS

- APHA, AWWA & WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association, Washington, DC. 2012
- HEALY, M. G.; RODGERS, M.; MULQUEEN, J. Performance of a stratified sand filter in removal of chemical oxygen demand, total suspended solids and ammonia nitrogen from high-strength wastewaters. **Journal of Environmental Management**, v. 83, p. 409-415, 2007.
- GARCHA, S.; VERMA, V.; BRAR, S. K. Isolation, characterization and identification of microorganisms from unorganized dairy sector wastewater and sludge samples and evaluation of their biodegradability. **Water Resources and Industry**, v. 16, n. 01, p. 19-28, 2016.
- DAVARNEJAD, R.; NIKSERESHT, M.; DAIRY WASTEWATER TREATMENT USING AN ELECTROCHEMICAL METHOD: EXPERIMENTAL AND STATISTICAL STUDY. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v. 775, n. 01, p. 364-373, 2016.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

CURVA DE PRÉ-TORRA DE CAFÉ

Renata Cássia Campos¹, Paulo César Corrêa², Odilon Moreira Guedes Neto³, Úrsula Ramos Zaidan⁴

¹Engenheira de Alimentos. Doutoranda em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: renata.eal@hotmail.com; ²Professor Titular da Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: copace@gmail.com; ³Discente do Curso de Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: Odilon.neto@ufv.br; ⁴Engenheira Agrônoma. Doutoranda em Fitotecnia - UFV. e-mail: ursula_agro2006@hotmail.com

RESUMO: Um dos desafios no armazenamento e exportação dos grãos de café é que, durante o transporte a longa distância, por períodos prolongados, o produto chega a o seu destino com alterações na qualidade inicial. Com o intuito de reduzir a incidência dos problemas, manter a qualidade dos grãos e melhorar a logística da matéria-prima e qualidade de bebida, tem-se a pré-torra. Um processo de aquecimento elevado, por menos tempo que as torras convencionais, com o intuito de reduzir o teor de água dos grãos. Então, diante do exposto, objetivou-se nesse trabalho medir o teor de água de grãos de café submetidos ao processo de pré-torra. O presente trabalho ocorreu no Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR – UFV). Foram utilizados grãos de café, *Coffea arabica*, teor de água inicial de 0,109 b.s., provenientes de uma unidade beneficiadora de café localizada em Viçosa, Minas Gerais; que foram submetidos à pré-torra em torrador cilíndrico, com queima de gás direto. Utilizou-se amostras de 250g. O tempo de pré-torra foi 3 minutos e foram utilizadas 12 temperaturas (190, 200, 210..290 e 300 °C). Os experimentos ocorreram em triplicata. Os resultados mostraram que na menor temperatura (190 °C) o teor de água reduziu para 0,092 b.s., atingindo valores de 0,066 b.s. na maior temperatura (300 °C). Sendo assim, essa técnica conseguiu reduzir o teor de água dos grãos, característica essa favorável ao armazenamento mais seguro, e por consequência, manutenção da qualidade dos grãos.

Palavras-Chave: armazenamento, *Coffea arabica*, qualidade, teor de água

INTRODUÇÃO

Embora seja o maior produtor e o segundo maior mercado consumidor depois de Estados Unidos, a

economia cafeeira do Brasil ainda fica longe de alcançar a países exportadores de café industrializado como a Itália e a Alemanha. Para conseguir uma geração de valor agregado na cadeia produtiva do café, é preciso conhecer e estudar as operações unitárias implicadas em seu processo.

A torra é uma etapa de muita importância, pois ela só pode manter a boa qualidade do café, e não pode melhorá-la. De acordo com Silvetz & Desrosier (1979), o processo de torrefação pode ser dividido em três etapas consecutivas: secagem, torrefação propriamente dita e resfriamento. Na primeira, a perda de massa ocorre devido à eliminação de água e liberação de compostos voláteis presentes nos grãos. Nesse estágio, os grãos mudam da cor verde para amarela. Já a segunda, é caracterizada por reações exotérmicas de pirólise, que resultam na modificação da composição química dos grãos em razão da liberação de grandes quantidades de gás carbônico. Esta etapa se inicia quando o grão atinge 150°C. A cor dos grãos muda de marrom-claro a escuro, devido à caramelização de açúcares e das “Reações de Maillard” (que ocorrem devido à presença de aminoácidos e sacarose) (Liu & Kitts, 2011; Eskin et al., 2013; Eggers & Pietsch, 2008; Bicho et al., 2012). Além disso, esta fase também é caracterizada pela expansão dos grãos, cujo volume pode duplicar. A terceira etapa é necessária para promover o resfriamento imediato por injeção de ar frio ou aspersão de água, para evitar a carbonização do produto. (Illy & Viani, 2005; Eggers & Pietsch, 2008; Ku Madihah et al., 2013).

Definir a qualidade do café não é tão fácil, principalmente quando se refere a um produto consumido há muito tempo, mas que só agora vem se destacando por suas características diferenciadas e desconhecidas por grande parte dos consumidores, o café torrado e moído (Ossani et al., 2017; Macedo et al., 2006; Andrade, 2017). O café de boa qualidade requer cuidados especiais desde a fase de pré-colheita, passando pela colheita, até a



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

pós-colheita. Nestas fases diversos fatores podem ocasionar alterações que poderão prejudicar a futura bebida resultante (Macedo et al., 2006; Bertrand et al., 2006). Como por exemplo, teores de água elevados podem propiciar o aparecimento de microrganismos e pragas, além de favorecer reações de oxidação, e portando, comprometendo a qualidade da bebida resultante. Outro fator seria armazenamento dos grãos por um período mais curto. O armazenamento de grãos tem a finalidade de manter a qualidade do produto estocado por um período que se estende da colheita até a comercialização, permitindo, assim, a adequada distribuição e abastecimento de diferentes mercados consumidores (Borém et al., 2008).

As interações entre fatores abióticos, como temperatura, teor de água, concentração de gases, umidade relativa do ar, tipo e condições do armazém, características do sistema de armazenagem e fatores bióticos, como grãos, insetos, ácaros, fungos e bactérias fazem com que os grãos armazenados se tornem um ecossistema cuja dinâmica, dependendo dos níveis dos fatores e do grau de interações, podem levar ao processo de deterioração dos mesmos, com maior ou menor velocidade (Rigueira et al., 2009).

Segundo Harris & Miller (2009), um dos desafios na exportação dos grãos de café é que, durante o transporte marítimo a longa distância, por períodos prolongados, o produto chega a o seu destino com alterações na qualidade inicial. Devido, principalmente, ao tempo prolongado de armazenagem do café em condições inadequadas, acondicionado nos tradicionais sacos de juta, os grãos ficam susceptíveis às variações das condições ambiente, como temperatura e umidade relativa e, muitas vezes, produtos químicos voláteis são carregados perto dos contêineres de café, proporcionando diversas alterações, principalmente na cor e nas propriedades organolépticas.

Com o intuito de reduzir a incidência dos problemas supracitados e, portanto, melhorar a logística da matéria-prima e qualidade de bebida, tem-se a pré-torra. Um processo de aquecimento elevado, por menos tempo que as torras convencionais, com o intuito de reduzir o teor de água dos grãos. Isso abaixaria a atividade de água do café, fazendo com a possível ocorrência de microrganismos e pragas, diminua drasticamente, além de reações químicas de degradação, e assim, permitiria armazenamentos por períodos mais longos. Podendo possibilitar transportes de maiores quantidades de grãos de uma vez, como por

exemplo, containers cheios de grãos pré-torrados, ao invés de utilização de sacarias.

Diante do exposto, tem-se a proposta do desenvolvimento de café pré-torrado. Uma vez que esse café apresentará dentre suas características físico-químicas, menor teor de água, característica fundamental aplicada ao armazenamento, e, portanto manteria sua qualidade por mais tempo e além de facilitar seu transporte.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR), localizado no campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa – Minas Gerais (MG).

Foram utilizados amostras de 250g de grãos de café beneficiados, *Coffea arabica* L. variedade catuaí vermelho, teor de água inicial de 0,109 b.s., provenientes de uma unidade beneficiadora de café localizada em Viçosa, Minas Gerais. As amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas em câmara climática (B.O.D.) com temperatura controlada de 20 °C até o momento da pré-torra.

Para o processo de pré-torra, as amostras foram retiradas da B.O.D. e expostas ao ambiente por aproximadamente 12 horas para atingir o equilíbrio térmico e minimizar as variações relacionadas à temperatura inicial.

Estabelecimento da pré-torra

Foi utilizado um torrador de queima de gás direto com cilindro rotativo a 45 rpm. Foram fixadas 12 temperaturas do ar no interior do cilindro: 190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, 260, 270, 280, 290 e 300 °C (que são temperaturas comumente utilizadas na torrefação de café), e o tempo de torra utilizado foi de 3 minutos, com o intuito de fazer com que o grão permaneça no primeiro estágio da torra que corresponde à secagem.

A temperatura do ar no interior do cilindro foi medida por um termopar tipo k, posicionado no interior do cilindro, e controlada manualmente com uma válvula de passo de gás. A temperatura final dos grãos (no final de cada condição de temperatura) foi medida por termômetro infravermelho.

O experimento ocorreu em triplicata para cada condição.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Teor de água

O teor de água foi obtido empregando-se o método da estufa, a 105 °C por 24 h, utilizando-se uma balança analítica com precisão de 0,001 g (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como já era esperado, quanto maior a temperatura de pré-torra, maior a quantidade de água retirada e menor o teor de água remanescente no grão. Sendo que a variação média desse teor de água foi 0,092 b.s. para a 190 °C, alcançando o teor de água média de 0,066 b.s. à 300 °C. Os valores encontrados para teor de água (base seca) estão elucidados na Tabela 1.

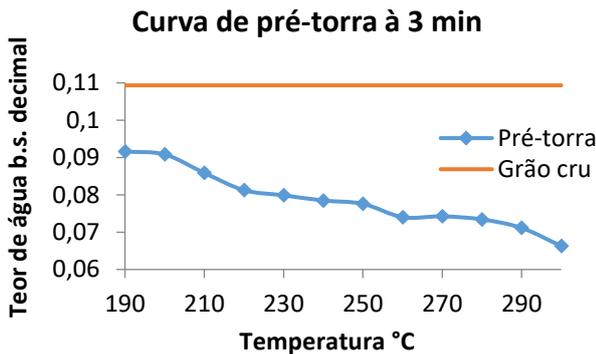


Figura 1. Curva de pré-torra, indicando o teor de água inicial dos grãos (linha laranja) e os respectivos teores de água em cada temperatura do processo

Além da redução de água nos grãos, como pode ser observado na Figura 1, uma outra característica verificada foi a coloração dos grãos, que se apresentou bem próxima à coloração inicial dos grãos crus, indicando que o processo de pré-torra ocorreu no primeiro estágio de torra que corresponde a secagem. Mas, uma vez que a análise de cor foi subjetiva, pois foi verificada pelos pesquisadores deste trabalho, também foi medida a temperatura final dos grãos.

A média dos resultados dessas medições de temperatura estão apresentados na Figura 2.

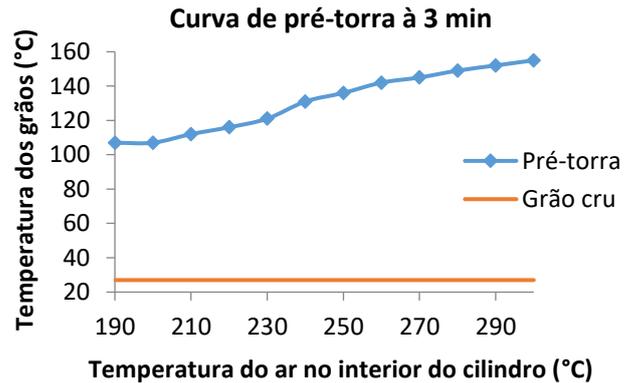


Figura 2. Temperaturas dos grãos ao final do processo de pré-torra

Foi constatado uma temperatura inicial média de 107 °C na menor temperatura de pré-torra e 155 °C na maior temperatura. Como pode ser observado na Figura 2, houve incrementos na temperatura final dos grãos à medida que se aumentava a temperatura de pré-torra, que também já era um comportamento esperado.

Por meio da análise dessas temperaturas, conclui-se que os grãos realmente permaneceram na primeira fase da torra que corresponde à secagem. Segundo Mendes et al. (2001) e Sivetz & Desrosier (1979), a fase de secagem ocorre até o grão atingir valores em torno de 150 °C. A partir desse ponto, se inicia a fase exotérmica e as transformações mais expressivas com relação à forma e a composição química se intensificam.

Sendo assim, verifica-se que a pré-torra pode ser utilizada para reduzir o teor de água dos grãos de café. Mas para que haja um armazenamento seguro, com maior manutenção da qualidade, são necessárias a análise de outras variáveis como as condições de umidade e temperatura, contato e concentração de oxigênio, presença de pragas e microrganismos, dentre outros. Sendo assim, a pré-torra é uma das etapas que favorecem o armazenamento, mas se fazem necessários estudos complementares para viabilização desse processo.

CONCLUSÕES

Conclui-se que a pré-torra é uma técnica promissora na manutenção da qualidade de café



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

durante o armazenamento, uma vez que essa técnica foi capaz de reduzir a atividade de água dos grãos de café. Porém, estudos mais aprofundados e análises de outros resultados se fazem necessários para viabilização dessa técnica na agroindústria.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e FAPEMIG pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F.T. Qualidade do café natural especial acondicionado em embalagens impermeáveis e armazenado no Brasil e no exterior. 2017.
- BERTRAND, Benoit *et al.* Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. *Tree Physiology*, v. 26, n. Muschler 2001, p. 1239–1248, 2006.
- BICHO, N.C. *et al.* Use of colour parameters for roasted coffee assessment | Utilização dos parâmetros de cor para avaliação do café torrado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 32, n. 3, 2012.
- BORÉM, F. M. *et al.* *Armazenamento do café*. Edição esp ed. Lavras: [s.n.], 2008.
- BORÉM, Flávio Meira *et al.* Qualidade do café natural e despulpado após secagem em terreiro e com altas temperaturas. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, n. 5, p. 1609–1615, 2008.
- EGGERS, Rudolf; PIETSCH, Arne. Technology I: Roasting. *Coffee: Recent Developments*. [S.l.: s.n.], 2008. p. 90–107.
- ESKIN, N. A. Michael; HO, Chi-Tang; SHAHIDI, Fereidoon. Browning Reactions in Foods. *Biochemistry of Foods*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 245–289. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780080918099000066>>.
- HARRIS, R. L. W.; MILLER, A. Keeping it real: storing and preserving green coffee. *Indian Coffee*, v. 73, n. 1, p. 31–38, 2009.
- ILLY, A.; VIANI, R. *Espresso coffee: the science of quality*. 2. ed. [S.l.]: Elsevier Academic, 2005.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz: Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. . Brasil: [s.n.], 2008
- KU MADIHAH, K. Y. *et al.* Optimization of roasting conditions for high-quality Arabica coffee. *International Food Research Journal*, v. 20, n. 4, p. 1623–1627, 2013.
- LIU, Yazheng; KITTS, David D. Confirmation that the Maillard reaction is the principle contributor to the antioxidant capacity of coffee brews. *Food Research International*, v. 44, n. 8, p. 2418–2424, 2011.
- MACEDO, Leandro Levate *et al.* CLASSIFICADOS QUANTO À QUALIDADE DA BEBIDA. n. 2001, 2006.
- MENDES, Luciane C. *et al.* Optimization of the roasting of robusta coffee (*C. canephora conillon*) using acceptability tests and RSM. *Food Quality and Preference*, v. 12, n. 2, p. 153–162, 2001.
- OSSANI, Paulo César *et al.* Qualidade de cafés especiais: Uma avaliação sensorial feita com consumidores utilizando a técnica MFACT. *Revista Ciencia Agronomica*, v. 48, n. 1, p. 92–100, 2017.
- RIGUEIRA, Roberta Jimenez De Almeida *et al.* Armazenamento De Grãos De Café Cereja Descascado Em Ambiente Refrigerado. *Engenharia na Agricultura*, v. 17, p. 323–333, 2009.
- SIVETZ, M.; DESROSIER, N.W. *Coffee technology*. Westport: AVI, 1979.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

DINÂMICA ESPACIAL DA RADIAÇÃO SOLAR PARA IMPLANTAÇÃO DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

Roberto Filgueiras¹, Francisco Cássio Gomes Alvino², Daniel Althoff³, Santos Henrique Brant Dias⁴, Everardo Chartuni Mantovani⁵

¹Discente de pós - graduação em Engenharia Agrícola – UFV. Bolsista de Doutorado CNPq. e-mail: betofilgueiras@gmail.com;

²Discente de pós - graduação em Engenharia Agrícola - UFV. Bolsista de Mestrado Capes de Doutorado Capes. e-mail: cassioalvino@hotmail.com; ³Discente de pós - graduação em Engenharia Agrícola - UFV. Bolsista de Mestrado CNPq. e-mail: santosdiasagro@gmail.com; ⁴Discente de pós - graduação em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: daniel_althoff@hotmail.com;

⁵Professor do curso de Engenharia Agrícola - UFV, Viçosa - Minas Gerais. E-mail: everardo@ufv.br.

RESUMO: A energia solar fotovoltaica constitui uma opção limpa e renovável de produção de energia elétrica, transformando a luz solar em eletricidade. Esse sistema ainda é pouco difundido e está restrito a pequenas áreas. Este trabalho teve por objetivo analisar a dinâmica do potencial energético para geração de energia solar na cidade de Viçosa, Minas Gerais. Realizou-se o download do modelo digital de elevação do município, para que pudesse realizar a modelagem da radiação solar no recurso computacional ARCGIS 10.3, levando em consideração efeitos da atmosfera, latitude, elevação, declividade, direção da vertente, deslocamento diários e sazonais do sol e efeitos do sombreamento causado pela topografia. Constata-se que deve ser levando em consideração as direções das vertentes anteriormente a instalação de placas fotovoltaicas.

Palavras-Chave: modelo digital de elevação, potencial energético, variabilidade espacial.

INTRODUÇÃO

A radiação solar incidente proveniente do sol é a primeira fonte de energia que gerou os processos no planeta terra. Entender a dinâmica desse fenômeno é a chave para a resposta de muitos parâmetros e processos ocorrentes na superfície. O conhecimento dessa dinâmica, possibilita o estudo do potencial energético solar nas mais diferentes regiões do planeta, além da localização de porções na superfície mais propícias para geração de energia proveniente do sol, visando à geração de energia renováveis (Dutra et al., 2013).

Uma das grandes incertezas no desenvolvimento de sistemas fotovoltaicos são os parâmetros ambientais (temperatura e irradiância), os quais o sistema estará submetido após instalado (Valente, 2011).

A radiação solar atinge o topo da atmosfera, fornecendo energia de forma constante. Contudo, apenas parte dessa radiação atinge a superfície, uma vez que a atmosfera, além de causar o espalhamento, pode absorver a radiação em alguns comprimentos de onda (Moreira, 2011).

Entre os principais fatores que afetam e causam variabilidade da incidência de energia solar na superfície está a topografia. As variações na elevação, orientação das vertentes, na declividade e no sombreamento das encostas, causadas pela topografia afetam diretamente o montante de radiação solar que atingem a superfície (Shary et al., 2002).

A quantidade de radiação incidente, também varia ao longo do dia e época do ano, o que influencia diretamente o microclima das regiões, modificando os padrões de temperatura do ar e do solo, e, conseqüentemente, os parâmetros da equação do balanço de energia, influenciando também a umidade do solo e a energia disponível para as plantas (Viana, 2010).

Quando se fala em topografia de superfícies, têm-se disponíveis modelos digitais de elevação que podem fornecer a dinâmica desse parâmetro de maneira fácil e a custo zero, uma vez que esses produtos já se encontram disponíveis para todo o globo terrestre (Jarvis et al., 2004).

Visto toda a influência que o relevo das superfícies causa na radiação incidente do local, torna-se de grande importância analisar modelos de radiação solar que levam em consideração a topografia do terreno para se verificar o potencial que a localidade possui em geração de energia solar.

Assim o estudo teve por objetivo analisar a dinâmica do potencial energético para geração de energia solar, indicando as vertentes mais propícias para instalação de placas fotovoltaicas.



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende todo o município de Viçosa, o qual está localizado na mesorregião denominada Zona da Mata no estado de Minas Gerais (**Figura 1**)

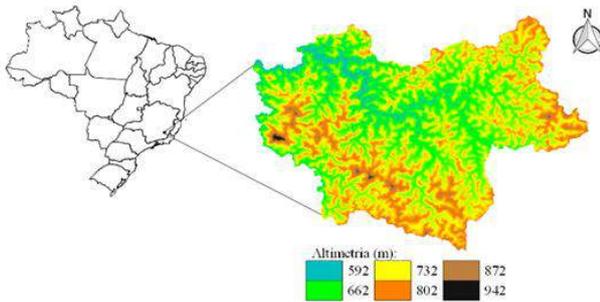


Figura 1 - Localização do município de Viçosa em relação ao Brasil.

Primeiramente, realizou-se o download do modelo digital de elevação (MDE) do município de Viçosa-MG, no portal do Earth Explorer, portal que é mantido pela NASA (National Aeronautics and Space Administration) e USGS (United States Geological Survey). Posterior ao download das imagens, procedeu-se com o mosaico das mesmas, para que pudesse realizar a modelagem da radiação solar no recurso computacional ARCGIS 10.3, para o ano de 2017. Esse recurso computacional permite analisar o comportamento da radiação solar sobre a superfície ao longo de períodos determinados pelo usuário. A radiação solar é computada levando em consideração efeitos da atmosfera, latitude, elevação, declividade, direção da vertente, deslocamento diários e sazonais do sol, e efeitos do sombreamento causado pela topografia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho analisa a dinâmica da radiação solar no município de Viçosa-MG, mostrando que as faces que recebem maior intensidade de energia solar estão voltadas predominantemente para o norte.

Na **figura 2** percebe-se a dinâmica existente da radiação solar para o ano de 2017 ao longo das nuances da superfície do município. Nota-se uma tendência da radiação solar em relação a direção das vertentes, entretanto, não está explícito na imagem quais são os ângulos em que se incide uma maior intensidade de radiação solar durante o ano.

A radiação solar modelada para o ano de 2017 para o município de Viçosa-MG apresenta um média de 1.043.950 Wh/m², sendo os valores máximos e

mínimos de 2.588.023 Wh/m² e 0, Wh/m², respectivamente. Os menores valores presentes no mapa são causados principalmente pelo sombreamento de encostas íngremes presentes na região do município.

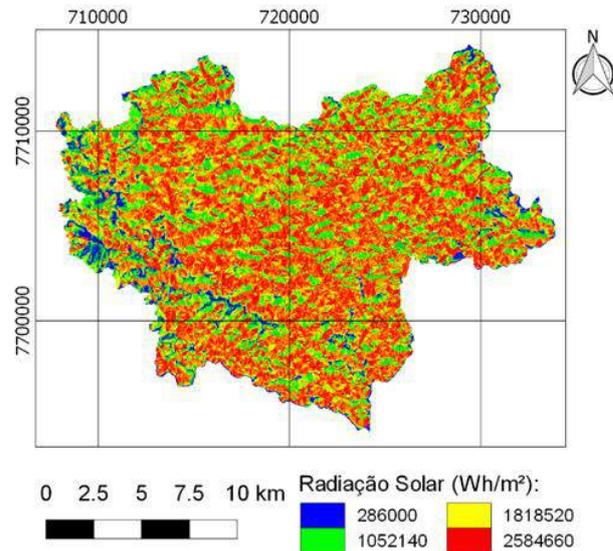


Figura 2 - Radiação solar anual para o município de Viçosa-MG, modelada pelo Solar Radiation.

Para se perceber a dinâmica da intensidade de radiação solar ao longo do ano de 2017 em relação às direções das vertentes e assim poder concluir quais são as direções mais propícias para instalação de placas fotovoltaicas, fez-se um gráfico de dispersão dos valores de radiação solar ao longo da direção das vertentes (**Figura 3**).

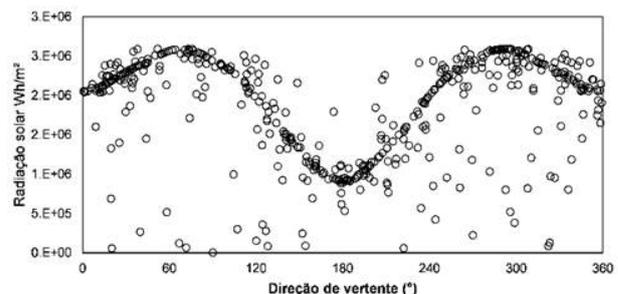


Figura 3 - Comportamento da radiação solar acumulada anual, para o município de Viçosa-MG em relação à direção das vertentes.

Ao analisar a **figura 3**, constata-se que as vertentes que possuem predominância nas direções de 60° e 300° em relação ao norte, recebem uma maior intensidade de radiação solar ao longo do ano,



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

sendo as vertentes mais propícias para instalação de placas fotovoltaicas. As regiões da superfície do município de Viçosa que apresentam a face voltada para o sul (180° em relação ao norte) recebem as menores intensidades de energia ao longo do ano. Essas superfícies não são recomendáveis para se instalar placas com o intuito de utilizar a energia solar, visto que essas regiões recebem certa de 30 % da intensidade de energia em comparação com as faces que estão voltadas para as direções 60° e 300° em relação ao norte.

CONCLUSÕES

A partir do algoritmo *Solar Radiation*, pode se observar o comportamento da intensidade de radiação solar para uma determinada região, tanto de maneira diária quanto sazonal, fato de capital importância quando se deseja encontrar as melhores localidades para instalações de placas fotovoltaicas.

O comportamento da radiação solar ao longo do ano no município de Viçosa é altamente dependente das variáveis do relevo, principalmente da direção das vertentes, visto que o município apresenta relevo na sua maioria, ondulado e montanhoso.

Ocorre maior intensidade de radiação solar nas superfícies que estão predominantemente voltadas para o norte, mais especificamente nos ângulos de 60° e 300° em relação ao norte.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo financiamento da bolsa de pesquisa e ao GESAI por disponibilizar a infraestrutura para o desenvolvimento científico.

REFERÊNCIAS

DUTRA, J. C. D. N.; BOFF, V. Â.; SILVEIRA, J. S. T.; ÁVILA, L. V. Uma Análise do Panorama das Regiões Missões e Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul sob o Prisma da Energia Eólica e Solar Fotovoltaica como Fontes Alternativas de Energia. **Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD**, v. 34, n. 124, p. 225-243, 2013.

JARVIS, A.; RUBIANO, J.; NELSON, A.; FARROW, A.; MULLIGAN, M. Practical use of SRTM data in the tropics – comparisons with digital elevation models generated from cartographic data. Cali: CIAT, 2004. 31p. (**Working document, 198**).

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4ed. UFV, 2011. 422p.

SHARY, P.; SHARAYA, L.; MITUSOV, A. Fundamental quantitative methods of land surface analysis. *Geoderma*, v.107, p.1-32, 2002.

USGS. United States Geological Survey (USGS). Disponível em <http://earthexplorer.usgs.gov/> acesso em 07/11/2011.

VALENTE, M. A. S. Caracterização automática de um painel fotovoltaico. Dissertação de Mestrado, Universidade de Nova Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2011.

VIANA, T. S.; RUTHER, R.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E.N. Potencial de geração fotovoltaica com concentração no Brasil. **Anais. III Congresso Brasileiro de Energia Solar - Belém**, 2010.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CULTURA DA ERVA-DOCE EM LISÍMETROS DE DRENAGEM

Rafael Gomes Martins¹, Francisco Cássio Gomes Alvino², Alisson Lucas Brandão Lima³, Mariana Moreira Baía⁴, Nicolay Wolff Ruppim⁵, Catariny Cabral Aleman⁶

¹Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: rgomesmartins1@gmail.com; ²Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: cassioalvino@hotmail.com; ³Discente de graduação em Agronomia DEA/UFV, Viçosa - Minas Gerais. E-mail: allisson.lima@ufv.br; ⁴Discente de graduação em Engenharia Agrícola DEA/UFV, Viçosa - Minas Gerais. E-mail: mariana.mbaia@gmail.com; ⁵Discente de graduação em Agronomia-UFMG, E-mail: nicolaywr@hotmail.com; ⁶Docente Departamento de Engenharia Agrícola-UFV. E-mail: catariny@ufv.br.

RESUMO: O objetivo do trabalho foi estimar o coeficiente de cultura da erva-doce (*Pimpinella anisum* L.) utilizando-se a lisimetria de drenagem. As medições das entradas de água no sistema por irrigação e precipitação, e de saídas, através da drenagem foram realizadas durante todo o ciclo da cultura (132 dias). Foram utilizados dados de uma estação meteorológica completa para a realização do balanço hídrico. Calculou-se a evapotranspiração de referência e a evapotranspiração da cultura, possibilitando a estimativa do coeficiente de cultura da erva-doce. Os valores encontrados para os estádios emergência (FASE I), crescimento vegetativo (FASE II), reprodutivo (III) e senescência (IV), foram de 0,32; 0,95; 1,19 e 0,61, respectivamente. Os valores estão próximos do esperado, entretanto, novos estudos devem ser realizados para comprovar os valores com exatidão.

Palavras-Chave: evapotranspiração, irrigação, lisimetria.

INTRODUÇÃO

A utilização de plantas medicinais tem se destacado a cada ano, tornando-se um mercado promissor a ser explorado no Brasil e no mundo, devido à extração de seus princípios ativos serem utilizados como insumo para a produção de drogas semissintéticas, fabricação de medicamentos, entre outras. A cultura da erva-doce (*Pimpinella anisum* L.) é classificada como planta medicinal de excelente potencial para exploração comercial. Sua fitomassa apresenta grande aptidão para o consumo in natura (infusões, chás, etc) e industrial, sendo aproveitada em diversas formas de uso (Al-Shammari et al., 2017; Hasenclever, 2009).

A determinação do seu coeficiente de cultivo de cultura (Kc), torna-se um importante fator para se realizar um manejo de irrigação adequado, estimando a sua necessidade hídrica demandada em cada fase de desenvolvimento (Ferreira, 2010).

A estimativa correta de lamina de água a ser aplicada e essencial para obtenção de maiores produtividades, aumento na eficiência da irrigação, economia de recursos hídricos, energia elétrica, além de outros diversos fatores (Hanson et al., 2000).

Apesar da necessidade de parâmetros corretos para cada cultura ser irrigada de maneira eficiente, as plantas medicinais não apresentam grande enfoque nos estudos relacionados à agricultura irrigada. O presente trabalho teve como objetivo estimar valores do Kc da Erva-doce (*Pimpinella anisum* L.), utilizando-se 5 lisímetros de drenagem.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área de irrigação e drenagem da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG (20° 76' S e 42° 86' O) com altitude de 653 m.

As mudas de erva-doce foram produzidas com sementes da empresa Isla®, semeadas em bandejas poliestireno com substrato comercial plantmax®, conduzidas em ambiente protegido até atingir uma altura de 7-8 cm, onde foram transplantadas após 38 dias do plantio para 5 lisímetros de drenagem, cada um com área de 2,4 m². O espaçamento utilizado foi de 0,2 cm x 0,3 cm. Foram realizadas para cada lisímetro uma análise física do solo, visto que os mesmos estavam com solos diferentes, utilizou uma tensão de 10 KPa para estimar a capacidade de campo e 30 KPa para estimar o ponto de murcha (**Tabela 1**).



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Tabela 1: Valores de Capacidade de Campo – CC; Ponto de murcha permanente - PMP correspondentes as tenção de 10 e 1500 KPa.

Lisímetro	1	2	3	4	5
CC (%)	30,24	29,27	35,38	31,63	24,13
PMP (%)	20,64	19,94	19,53	18,66	18,71

Foi realizada análise química e granulométrica do solo. A correção foi efetuada de acordo com o recomendado por Raij et al. (1997), com aplicação de adubação de 3 g por metro linear do formulado 4 – 0-10. Capina manual foi realizada periodicamente, evitando a infestação de plantas invasoras, que poderiam interferir nos resultados. Os dados meteorológicos foram obtidos através de uma estação automática de modelo Davis Vantagem Pro 2, localizada à 20 metros do local de estudo. O manejo de irrigação iniciou-se 45 dias após o plantio. A reposição da evapotranspiração foi feita de 3 em 3 dias, repondo-se a evapotranspiração total acumulada, multiplicada pela área do lisímetro, para obter-se valores em litros (L). A irrigação foi realizada manualmente, através da utilização de baldes graduados para aferição do volume aplicado, e um regador para distribuição, a fim de aumentar a precisão na quantidade de água colocada em cada lisímetro. A checagem do volume de água drenada foi realizada sempre no dia posterior a cada irrigação, sendo mesurada (**Figura 1a**) a quantidade de água drenada pelos coletores (**Figura 1 b**)

(a) (b)



Figura 1. Recipiente utilizado para quantificação da quantidade total drenada em mm (a) Recipiente utilizado para captação da drenagem (a) e proveta utilizada.

Para se determinar a evapotranspiração da erva-doce, foi utilizada a seguinte metodologia:

$$ET = P + I - D \quad (\text{Eq.1})$$

Onde,

ET- evapotranspiração da cultura (mm)

P – precipitação (mm)

I – irrigação aplicada (mm)

D- drenagem (mm)

Obtendo-se a evapotranspiração de referência (ET_o) e da cultura (ET_c), o coeficiente de cultivo da cultura foi determinado através da seguinte relação,

$$K_c = ET_c / ET_o \quad (\text{Eq.2})$$

Onde,

ET_c- evapotranspiração da cultura (mm)

ET_o- evapotranspiração de referência (mm)

A partir dos dados obtidos, calculou-se através da média de drenagem dos 5 lisímetros, o coeficiente de cultura da Erva-doce.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As irrigações foram realizadas durante o ciclo da cultura, totalizando 21 eventos durante os 137 dias de cultivo (**Figura 2**). A falta de irrigação e nutrição são os principais fatores relacionados aos tratos culturais que mais afetam o desenvolvimento e o crescimento das plantas (Costa et al., 2010).

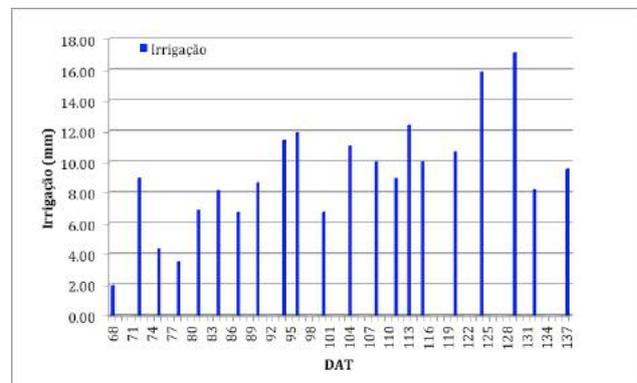


Figura 2. Irrigações (mm) realizadas durante o ciclo da cultura da Erva-doce.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

CONCLUSÕES

Como pode ser observado (**Figura 3**) houve uma aplicação acumulada de irrigação, superior à evapotranspiração total da cultura, como se esperado na lisímetria de drenagem.

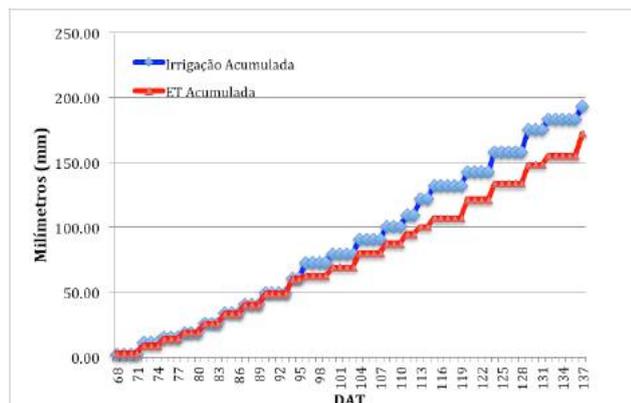


Figura 3. Irrigação total acumulada e Evapotranspiração acumulada durante o ciclo da cultura.

Os valores de Kc para a erva-doce foram divididos de acordo com a observação fenológica da cultura em campo e calculados de acordo com a média para cada fase. Os valores encontrados para os estádios I (plantio até 10% do desenvolvimento vegetativo), estágio II (fim do estágio I até 80% do desenvolvimento vegetativo) estágio III (fim do estágio II até o início da maturação), e estágio IV (fim do estágio III até a colheita), foram de 0,32; 0,95; 1,19 e 0,61, respectivamente.

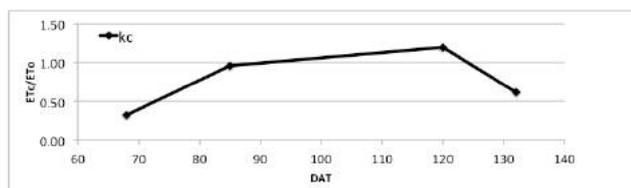


Figura 4. Valores do coeficiente de cultura para a erva-doce.

Os valores se aproximaram do esperado, comparando com culturas similares (Orellana et al., 2004). As diferenças nos valores de Kc podem estar relacionadas com condições edafoclimáticas da região (Lima et al., 2015).

A lisímetria de drenagem foi eficiente para a determinação do coeficiente de cultura (Kc) da erva-doce, apresentando valores condizentes com o esperado. Entretanto, novos estudos visando a comparação e calibração destes coeficientes para a cultura em questão se fazem necessários para a confirmação dos valores encontrados.

AGRADECIMENTOS

À Capes e CNPq pelo apoio financeiro. À Universidade Federal de Viçosa pela estrutura física, e ao GESAI pela contribuição na realização do experimento.

REFERÊNCIAS

- AL-SHAMMARI, K. et al. Effect of Various Concentrations of an Anise Seed Powder (*Pimpinella Anisum* L.) Supplement on Selected Hematological and Biochemical Parameters of Broiler Chickens. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 19, n. 1, p. 41–46, Mar 2017.
- FERREIRA, J. O. P. Evapotranspiração E Coeficientes De Cultura Da Melancia Irrigada Por Gotejamento Em Alvorada Do Gurguéla-Pi. p. 103, 2010.
- HASENCLEVER, L. **Diagnóstico dos desafios e oportunidades no mercado de Plantas Medicinais e Fitoterápicos brasileiro**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://www.ie.ufrj.br/images/inovacao/trabalhos_tecnicos/Publicacao_Fitoterpicos.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2017.
- KLEIN, V.A. FÍSICA DO SOLO. PASSO FUNDO: EDIUPF, 2008
- LIMA, D. F. et al. DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CULTIVO DO PEPINO CAIPIRA ATRAVÉS DE LISIMETRIA DE DRENAGEM. **XXV CONIRD- Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem**, n. 2015, p. 197–202, 2015.
- MARTINS DA COSTA, J. A.; AUGUSTO, M.; CARNELOSSI, G. Qualidade em plantas medicinais. **Embrapa Tabuleiro Costeiros**, n. 1678–1953, p. 54, 2010.
- ORELLANA, J. F.; PINHEIRO, R.; FILHO, L. Irrigação de Hortaliças no Estado do Amapá. 2004.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Remendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campina: IAC, 1997. 285 p.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

PARAMETRIZAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE PALMEIRA DOS ÍNDIOS/AL

Élvis da Silva Alves¹, Santos Henrique Brant Dias¹, Caio Vieira de Moraes², Patrick Ágton de Oliveira², Francisco Cássio Gomes Alvino¹, Filliph Gomes Palma², Matheus Pereira Gomes Raimundi², Gustavo Berger Schaeffer², Igor Boninsenha², Helizani Couto Bazame¹, Fernando França da Cunha³

¹Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista do CNPq. e-mail do autor: elvistv@gmail.com; santosdiasagro@gmail.com; cassioalvino@hotmail.com; helizanicouto@gmail.com; ²Discente de graduação em Agronomia – UFV. e-mail: caio.morais95@gmail.com; patrick.agton@ufv.br; filliph.palma@gmail.com; matheuspg@gmail.com; gustavo.schaeffer@ufv.br; iboninsenha@gmail.com; ³Professor do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: dacunhaff@gmail.com.

RESUMO: Conhecer a quantidade de água necessária a ser reposta à cultura é uma das práticas que permitem o manejo correto destas, como também a conservação dos recursos hídricos. Assim, apontar um método de evapotranspiração de referência (ET_0) confiável é uma necessidade real para o eficiente manejo da irrigação quando se utiliza dados climatológicos. O método de ET_0 escolhido deverá apresentar valores satisfatórios, exigindo uma quantidade menor de variáveis, já que a equação tratada como padrão (Penman-Monteith) necessita de um grande número de variáveis. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de determinar dentre Hargreaves-Samanni e Priestley-Taylor um método de estimativa de ET_0 , substitutivo a Penman-Monteith, que utilize um menor número de dados de entrada, e que resulte em evapotranspiração de referência próximas as obtidas pela equação padrão, para a cidade de Palmeira dos Índios, região Agreste de Alagoas. Na determinação da ET_0 foram utilizados dados de uma estação meteorológica convencional da cidade de Palmeira dos Índios-AL (9° 27' S, 36° 42' O e altitude de 274,9 metros), durante um período de aproximadamente 55 anos (19/02/1961 a 31/12/2016). Para modelagem da ET_0 foi utilizado o software clima® do IAPAR. As avaliações dos desempenhos dos modelos de parametrização de ET_0 foram baseadas nos indicadores estatísticos (r^2 , RMSE, MBE, MAE e MSE). De acordo com os indicadores estáticos, o método desenvolvido por PT apresentou-se superior na estimativa da ET_0 para Palmeira dos Índios – AL. Apesar do método de HS apresentar-se inferior, a calibração assegurou permissividade e aumento de desempenho para ambos.

Palavras-Chave: agroclimatologia, consumo hídrico, manejo de irrigação

INTRODUÇÃO

Na agricultura irrigada, a evapotranspiração é um dos principais parâmetros observados quando se deseja manejar corretamente a água a ser disponibilizada às culturas. No manejo da irrigação em que se utiliza informações do clima para reposição da lâmina, a evapotranspiração de referência (ET_0) detém maior influência no valor da demanda hídrica das culturas (ALLEN et al. 1998). Carvalho et al. (2011), classificaram a ET_0 como um elemento de extrema importância não apenas para o planejamento e manejo da irrigação, mas também para a demanda hídrica e para estudos climáticos, meteorológico e hidrológicos.

Existem diversos métodos/modelos para determinação da ET_0 . No entanto, em 1998 a FAO no Boletim 56 determinou que o método combinado de Penman-Monteith seria adotado como o padrão, por proporcionar valores confiáveis da ET_0 (Allen et al., 1998). No entanto, nem sempre se dispõe dos dados necessários para o uso da equação de Penman-Monteith, sendo necessário a utilização de equações que necessitem de quantidades menores de variáveis, é o caso das equações de Blaney-Criddle, Hargreaves-Samanni e Priestley-Taylor.

Allen et al. (1998) enfatizaram a necessidade de calibração local dos métodos de ET_0 , que apresenta a tendência de superestimar os valores em climas úmidos e de subestimar em regiões com velocidade do vento alta. Visando indicar um método de determinação de ET_0 que mais se aproxime do método de Penman-Monteith, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de determinar, dentre Hargreaves-Samanni e Priestley-Taylor, um método de estimativa de ET_0 , substitutivo a Penman-Monteith, que utilize um menor número de dados de entrada, e que resulte em evapotranspiração de referência próximas as obtidas pela equação



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

padrão, para a cidade de Palmeira dos Índios, região Agreste do estado de Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e dados utilizados

Na determinação da ET_0 foram utilizados dados de uma estação meteorológica convencional da cidade de Palmeira dos Índios-AL ($9^\circ 27' S$, $36^\circ 42' O$ e altitude de 274,9 metros), durante um período de aproximadamente 55 anos (19/02/1961 a 31/12/2016). Foram utilizadas as seguintes variáveis: radiação solar global; velocidade do vento; temperatura máxima e mínima do ar; e umidade relativa máxima e mínima. Os dados foram obtidos pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP).

Modelagem dos dados

Para modelagem da ET_0 foi utilizado o software clima® do IAPAR (FARIA et al., 2002). Este software está disponível de forma gratuita. As correções das falhas de dados são realizadas automaticamente pelo software, assim como também a determinação da ET_0 .

Os dados calculados pelo método de PM FAO 56 utilizou a metodologia proposta por Allen et al. (1998), sendo este o modelo tido como referência para o estudo. Foram comparados os valores obtidos pelos métodos originais e calibrados de Hargreaves-Samani (HS) e Priestley-Taylor (PT) com o modelo de referência.

Na calibração dos métodos de HS e PT, os dados de ET_0 obtidos por PM-FAO 56 corresponderam a variável dependente (eixo das ordenadas) e os obtidos por HS e PT a variável independente (eixo das abscissas). Após a modelagem, foram obtidas novas equações, que posteriormente foram mais uma vez correlacionados com a equação de PM-FAO 56, como pode ser observado na **figura 1**.

Os coeficientes das equações lineares foram utilizados para correção dos valores diários da ET_0 , baseando-se nas equações de regressão.

Erros e coeficientes estatísticos

As avaliações estatísticas serão realizadas com base em diferentes índices estatísticos que apresentam diferentes funções de avaliações. O componente r^2 indica o poder preditivo da sua reta de regressão associada entre duas variáveis, muitas vezes não é o mais ideal, pois algumas variáveis não têm comportamento linear.

O RMSE fornece uma medida da magnitude média do erro através da diferença quadrática entre

os dados estimados e observados, o MAE fornece um valor médio dos erros absolutos, ambas variam de 0 a $+\infty$ e quantificam o erro com as mesmas unidades da variável original, o RMSE dá um peso relativamente alto aos grandes erros evidenciando a presença de *outliers*, útil quando grandes erros são particularmente indesejáveis (WILKS, 2011; WILLMOTT; MATSUURA, 2005).

O MBE é indicado para visualizar as tendências de subestimativas ou superestimativas, o NSE é usado para avaliar o poder preditivo do modelo, variar entre $-\infty$ e 1, e 1 corresponde o ajuste perfeito entre os dados estimados pelo modelo com os dados medidos (MORIASI et al., 2007; WILLMOTT, 1982).

O RMSE corresponde ao erro médio quadrático, $mm\ dia^{-1}$; NSE – eficiência de Nash-Sutcliffe; MAE – erro médio absoluto, $mm\ dia^{-1}$; MBE – erro viés médio, $mm\ dia^{-1}$; r^2 – coeficiente de correlação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desempenho da calibração dos métodos de determinação da ET_0 por Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor, tomando como padrão o método de Penman-Monteith, pode ser observado na **figura 1**, como também na **tabela 1**. O modelo de Priestley-Taylor apresentou valores mais próximos do método padrão.

Com base na **tabela 1** é possível afirmar que coeficiente de determinação (r^2) apresentou melhor desempenho para o método de PT, quando comparado com o método HS. Também foi observada a não variação do r^2 quando foi feita a correlação com equação já calibrada, ocorrendo tal comportamento para os dois modelos estudados.

Por sua vez, o RMSE apresentou diferença tanto para os métodos, quanto para o momento da correlação (antes e depois). O método de PT apresentou melhor comportamento frente ao método HS. Apesar da exatidão diminuir para PT após a calibração, este método superou em 277,5% e 34% o método HS, para e antes e depois da calibração, concomitantemente (**Tabela 1**). A justificativa para o aumento do RMSE para PT consiste na dispersão dos dados, como se ver na **figura 1**.

Baseando-se no NSE, medida frequentemente usada na verificação da acurácia de modelos numéricos, nota-se que o modelo HS passa a ter acurácia apenas após a calibração. Neste quesito, o modelo PT foi inferior a HS em 55% após a calibração. O componente MAE representa o valor médio dos erros absolutos. Para este coeficiente o modelo PT apresentou menor valor quanto aos



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

erros absolutos quando comparado com HS. No entanto, após a calibração o modelo PT apresentou aumento de $0,43 \text{ mm dia}^{-1}$ de aumento do erro absoluto (**Tabela 1**).

O MBE é um coeficiente indicando para visualizar as tendências de subestimativas ou superestimativas dos modelos. O modelo de HS apresentou pouco ajuste quando a este critério, enquanto o modelo PT apresentou pouca superestimava (**Tabela 1**).

Diante das informações obtidas através dos coeficientes estatísticos, o modelo PT apresentou-se melhor desempenho para determinação da ET_0 visando valores mais preciso, como os valores obtidos pelo método de PM.

CONCLUSÕES

O método desenvolvido por PT apresentou-se superior na estimativa da ET_0 para Palmeira dos índios – AL, antes e depois da calibração. Apesar do método de HS apresenta-se inferior, a calibração assegurou permissividade e aumento de desempenho deste método.

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Estudos e Soluções para Agricultura Irrigada (GESAI) que contribuiu para a realização deste trabalho, ao CNPq e a CAPES pelas bolsas concedidas aos coautores deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage, 56).

CARVALHO, L.G.; RIOS, G.F.A.; MIRANDA, W.L.; CASTRO NETO, P. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 456-465, 2011.

FARIA, R. T. DE et al. CLIMA-programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. **Boletim Técnico IAPAR**, Londrina. n. 66, p. 29, 2002.

MORIASI, D. N. et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Transactions of the ASABE**, v. 50, n. 3, p. 885–900, 2007.

WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. Oxford; Waltham, MA: Academic Press, 2011.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin American Meteorological Society**, v. 30, p. 1309–1310, 1982.

WILLMOTT, C.; MATSUURA, K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. **Climate Research**, v. 30, p. 79–82, 2005.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

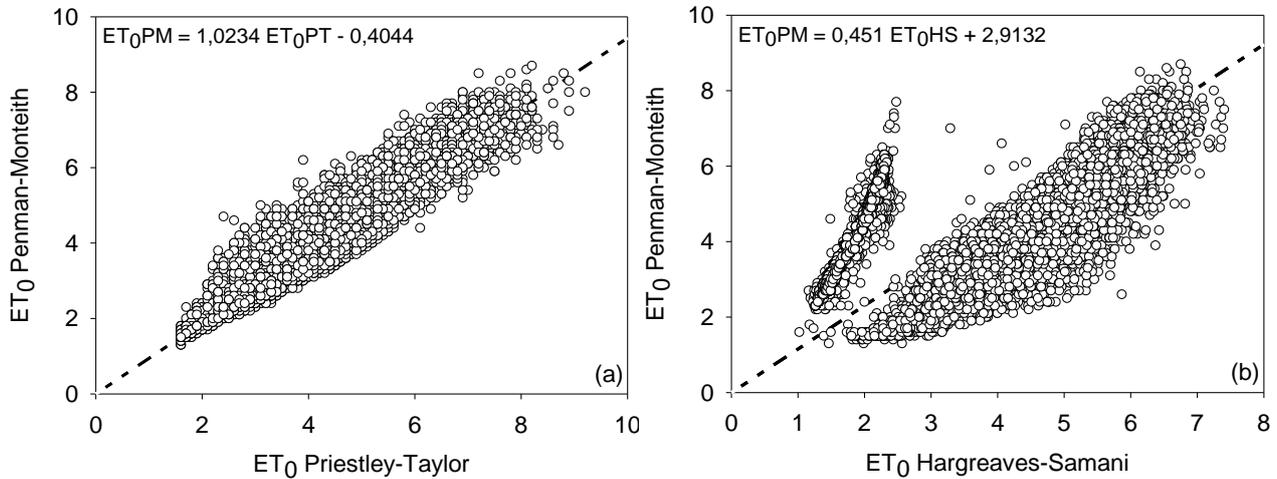


Figura 1. Regressão linear entre o método PM FAO 56 e Priestley-Taylor (a) e Hargreaves-Samani (b)

Tabela 1. Erros e índices estatísticos da parametrização da evapotranspiração de referência dos métodos de Hargreaves-Samani (HS) e Priestley-Taylor (PT) com o modelo de referência (PM).

Modelo	r ²		RMSE		NSE		MAE		MBE	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
HS	0,27	0,27	1,85	1,21	-0,70	0,27	1,44	1,02	-1,07	-0,00006
PT	0,92	0,92	0,49	0,90	0,88	0,60	0,40	0,83	0,29	0,81



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

MODELAGEM DE MÉTODOS SIMPLIFICADOS PARA OBTENÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM NATAL-RN

Santos Henrique Brant Dias¹, Igor Lopes de Faria², Daniel Althoff³, Caio Vieira de Moraes⁴, Patrick Ágton de Oliveira², Gustavo Henrique da Silva³, Filliph Gomes Palma², Matheus Pereira Gomes Raimundi², Gustavo Berger Schaeffer², Igor Boninsenha⁴, Roberto Filgueiras³ e Catariny Cabral Aleman⁵

¹Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: santosdiasagro@gmail.com; ²Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV; ³Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV; ⁴Discente de graduação Agronomia - UFV; ⁵Docente Departamento de Engenharia Agrícola-UFV.

RESUMO: Quando se pensa em produção agrícola de com alta produtividade e alto rendimento é inevitável não pensar em irrigação, para realizar a irrigação é imprescindível a realização do balanço hídrico para realizar o manejo adequado da irrigação. Para realização de um balanço hídrico é necessário ter dados de precipitação e evapotranspiração da cultura no local pretendido, obter a evapotranspiração pelo método padrão é caro e muitas vezes inviável para pequenos produtores. Pensando nisso o trabalho tem o objetivo de realizar a modelagem de métodos de obtenção de evapotranspiração mais simples para o município de Natal-RN. A cidade de Natal-RN está localizada na latitude 5° 54,6' S e longitude 35° 12' O e uma altitude 48,6 m acima do nível do mar. Os 56 anos dados (1961-2016) foram obtidos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa e inseridos no software CLIMA® para realizar o preenchimento de falhas e calcula das evapotranspirações de referência pelos métodos de Hargreaves-Samani, Penman-Monteith (FAO-56) e Priestley-Taylor, posteriormente realizando a comparação dos métodos simplificados com o método padrão (Penman-Monteith) e realização as calibrações. Após a calibração foi possível constatar que o método Priestley-Taylor foi muito superior, já que obteve resultado melhores para os índices estatísticos avaliados.

Palavras-Chave: Hargreaves-Samani, Penman-Monteith (FAO-56), Priestley-Taylor.

INTRODUÇÃO

Quando se pensa em produção agrícola de com alta produtividade e rendimento é inevitável não pensar em irrigação, para utilização adequada da técnica é imprescindível à realização do balanço hídrico para realizar o manejo adequado.

Para realização de um balanço hídrico é necessário ter dados de precipitação e evapotranspiração da cultura no local de cultivo, obter a evapotranspiração de referência (ET_0) pelo método padrão é caro e muitas vezes inviável para pequenos produtores.

Existem diversos métodos para a estimativa de ET_0 , como o modelo proposto por Penman-Monteith (PM), proposto como padrão pela Food and Agriculture Organization (FAO), que é o método de maior precisão atualmente. Apesar de sua estimativa precisa, o método apresenta dificuldades para a obtenção das diversas variáveis climáticas utilizadas na sua determinação.

Outros métodos que apresentam boa confiabilidade são os modelos de Hargreaves-Samani (HS) e Priestley-Taylor (PT), os quais utilizam dados de temperatura, e dados de radiação, temperatura e umidade, respectivamente, sendo a obtenção destes parâmetros mais simples, tornando a utilização destes modelos mais prática.

Pensando nisso o trabalho tem o objetivo de realizar a modelagem de métodos de obtenção de evapotranspiração mais simples para o município de Natal-RN.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e base de dados

Para a estimativa de ET_0 foram utilizados dados da estação meteorológica de Natal-RN (Latitude 5° 54,6' S; Longitude 35° 12' O), a 48,6m de altitude.

Os dados da estação foram obtidos através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes ao período de 06/07/1972 a 30/04/2014 (BDMEP, 2017; INMET, 2017).



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Tratamentos e amostragens

O preenchimento de falhas e cálculo da evapotranspiração foi realizado pelo software CLIMA[®] do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR)(FARIA et al., 2002). O software realiza o preenchimento de todas as falhas e os cálculos dos métodos de evapotranspiração de referência analisados, o software é bem conceituado e já utilizado por inúmeros autores (BARBIERI et al., 2016; FENNER et al., 2015; RAMOS et al., 2017, 2015).

Processamento dos dados

A estimativa de ET_0 pelo método PM-FAO 56 foi utilizada como padrão de referência, sendo feita a comparação de seus resultados com os resultados obtidos das estimativas pelos métodos de HS e PT, além de ter sido feita uma correção dos dados por meio do modelo linear.

Os dados obtidos por PM-FAO 56 foram plotados no eixo das ordenadas (variável dependente) e os dados obtidos pelos modelos de HS e PT foram plotados no eixo das abscissas (variável independente).

Através das equações geradas, os dados foram mais uma vez correlacionados com a equação de PM-FAO 56. A **Figura 1** apresenta os gráficos da correlação linear entre os métodos citados.

Análises estatísticas

As avaliações estatísticas foram realizadas com base em diferentes índices estatísticos que apresentam diferentes funções de avaliações. O R^2 indica o poder preditivo da reta de regressão associada entre duas variáveis, muitas vezes não é o mais ideal, pois algumas variáveis não têm comportamento linear.

O erro médio quadrático (RMSE; $mm \cdot dia^{-1}$) fornece uma medida da magnitude média do erro através da diferença quadrática entre os dados estimados e observados, o erro médio absoluto (MAE; $mm \cdot dia^{-1}$) fornece um valor médio dos erros absolutos, ambas variam de 0 a $+\infty$ e quantificam o erro com as mesmas unidades da variável original. O RMSE dá um peso relativamente alto aos grandes erros evidenciando a presença de outliers, útil quando grandes erros são particularmente indesejáveis (WILKS, 2011; WILLMOTT; MATSUURA, 2005).

O erro viés médio (MBE; $mm \cdot dia^{-1}$) é indicado para visualizar as tendências de subestimativas ou superestimativas, o eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE) é usado para avaliar o poder preditivo do modelo, variar entre $-\infty$ e 1, e 1 corresponde o ajuste perfeito entre os dados estimados pelo modelo com os dados medidos (MORIASI et al., 2007).

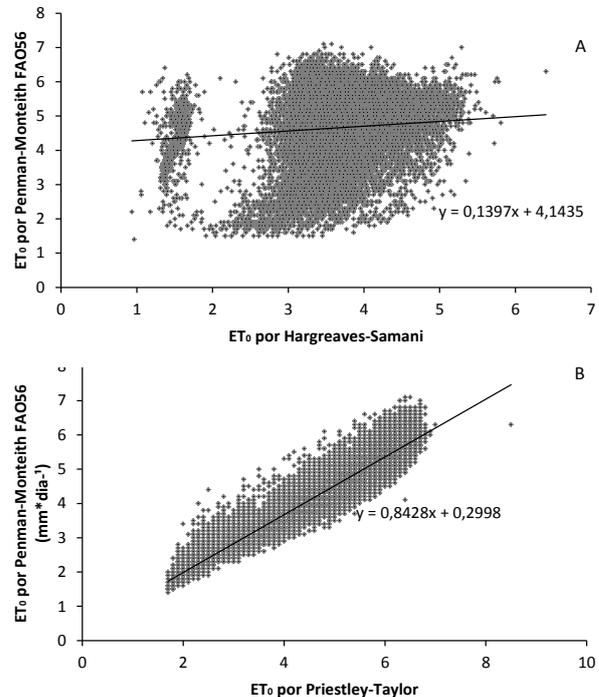


Figura 1: A-Regressão linear entre o método PM-FAO 56 e HS. B-Regressão linear entre o método PM-FAO 56 e PT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Figura 2** são apresentados os valores de RMSE antes e depois da correção para os métodos de PT e HS.

Observou-se que o RMSE antes da correção diminuiu consideravelmente para os dois métodos após a correção, ocasionando em um aumento na exatidão de ambos os métodos na determinação de ET_0 .

Em posse dos valores após a correção, conclui-se que o método de PT obteve menores valores de RMSE comparados com o método de HS, o que indica um menor erro total e consequentemente maior precisão ao se utilizar o método de PT.

Para o índice R^2 , não houve nenhuma alteração como já esperado, uma vez que a calibração altera apenas a posição da reta e seu ângulo de inclinação, mantendo a dispersão dos dados e sua correlação linear.

O custo de aquisição dos dados se difere bastante entre os dois métodos, o método de PT por utilizar a radiação pode inviabilizar a utilização deste método em locais que os custos dos equipamentos limitem muito a realização do manejo.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

AGRADECIMENTOS

AO GESAI QUE CONTRIBUIU PARA A REALIZAÇÃO DESTA TRABALHO. AO CNPQ, CAPES PELAS BOLSAS CONCEDIDAS AO AUTOR E COAUTORES DO TRABALHO.

REFERÊNCIAS

BARBIERI, J. D. et al. Agroclimatic aptitude for peanut in the West region of the state of Mato Grosso. *Científica*, v. 44, n. 4, p. 457, 11 nov. 2016.

BDMEP. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdme>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

FARIA, R. T. DE et al. CLIMA-programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. *Boletim Técnico IAPAR*, Londrina. n. 66, p. 29, 2002.

FENNER, W. et al. ÍNDICES DE SATISFAÇÃO DE NECESSIDADE DE ÁGUA PARA O MILHO SEGUNDA SAFRA EM MATO GROSSO. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 15, 15 abr. 2015.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Dados meteorológicos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

MORIASI, D. N. et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, v. 50, n. 3, p. 885–900, 2007.

RAMOS, H. D. C. et al. PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA DO AR PARA O ESTADO DE MATO GROSSO UTILIZANDO KRIGAGEM ORDINÁRIA. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 20, 1 ago. 2017.

RAMOS, H. DA C. et al. PRECIPITAÇÃO PLUVIAL DE DIAMANTINO-MT EM ANOS DE OCORRÊNCIA DE EL NIÑO, LA NIÑA E NEUTROS. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 30, n. 1, p. 71–80, mar. 2015.

WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. Oxford; Waltham, MA: Academic Press, 2011.

WILLMOTT, C.; MATSUURA, K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate Research*, v. 30, p. 79–82, 2005.

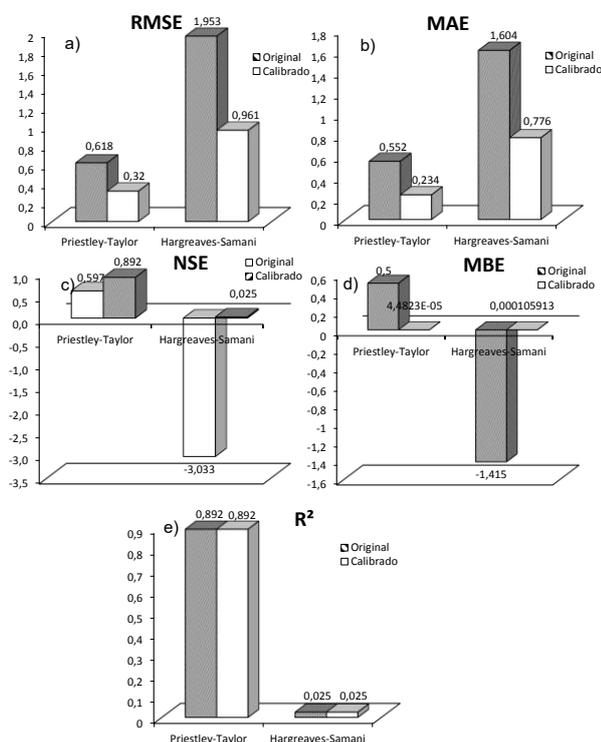


Figura 2. Valores de RMSE, MAE, NSE, MBE e R² antes e depois da correção dos dados.

Os valores de MAE representa o valor médio dos erros absolutos, logo, conclui-se que o método de HS possui erros consideravelmente maiores do que os de PT, antes da correção, os valores eram 1,6 e 0,55, respectivamente. O que indica uma significativa redução do erro após a correção.

Os valores de NSE depois da correção diminuíram muito para os métodos. Os valores indicam que o método PT possui bom poder preditivo, diferentemente do método HS.

Os valores de MBE chegaram próximos a 0 após a correção, o índice é utilizado para identificar se o método sub ou superestima a predição, nesta situação os dois métodos superestima os resultados.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o método de Priestley-Taylor apresenta melhores resultados para Natal-RN do que o método de Hargreaves-Samani. Entretanto o método de Hargreaves-Samani é mais indicado por ser mais simples de se calcular e ter variáveis mais baratas para obtenção, mas independente do método utilizado a calibração é indispensável para obter melhores resultados.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

COMPARAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO OBTIDA POR DIFERENTES MODELOS DE ESTIMATIVA PARA VIÇOSA-MG

Rafael Gomes Martins¹, Robson Argolo dos Santos², Igor Lopes de Faria³, Santos Henrique Brant Dias⁴, Élvys da Silva Alves⁵, Caio Vieira de Moraes⁶, Patrick Ágton de Oliveira⁷, Gustavo Henrique da Silva⁸, Filliph Gomes Palma⁹, Matheus Pereira Gomes Raimundi¹⁰, Catariny Cabral AlemanC.C. Aleman¹¹

¹Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: rgomesmartins1@gmail.com; ²Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: argolo.agro@gmail.com; ³Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: igorbenks@gmail.com; ⁴Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: santosdiasagro@gmail.com; ⁵Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: elvistv@gmail.com; ⁶Discente de graduação Agronomia – UFV. E-mail: caio.morais95@gmail.com; ⁷Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: patrick.agton@ufv.br; ⁸Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: dasilva.h.gustavo@gmail.com; ⁹Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: filliph.palma@gmail.com; ¹⁰Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: matheusprgr@gmail.com; ¹¹Docente Departamento de Engenharia Agrícola-UFV. E-mail: catariny@ufv.br.

RESUMO: A evapotranspiração (ET) é uma das variáveis mais importantes a serem estimada para o manejo correto da irrigação, utilizando-se o balanço hídrico climatológico. Diversos métodos para a estimativa da ET se fazem presentes atualmente na literatura. Alguns destes, possibilitam a estimativa valendo-se de uma menor quantidade de parâmetros meteorológicos, possibilitando desta forma, a utilização de estações meteorológicas mais simples e baratas. O estudo em questão objetivou comparar 4 modelos de estimativa da evapotranspiração durante o período de um ano para a cidade de Viçosa, Minas Gerais. Concluiu-se que para estimativas mensais o modelo de Thornthwaite se mostrou mais efetivo ($R^2=0.89$). Para dados diários de ET, o modelo de Hargreaves se mostrou-se eficiente ($R^2=0.83$), quando comparado ao método padrão PM-FAO-56, podendo ser utilizado para a estimativa de ET na região de Viçosa, Minas Gerais.

Palavras-Chave: clima, ETo, irrigação

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração (ET) é uma das variáveis mais importantes no ciclo hidrológico, relacionando-se com a energia, disponibilidade hídrica e com o clima (Pereira et al., 2009). Segundo Costa (2002), a ET é o total de água transferida do solo, das superfícies livres, da vegetação úmida e da transpiração das plantas para a atmosfera. Além de sua importância no ciclo hidrológico, a ET tem uma relevante participação na dinâmica climática global e nos processos de produtividade primária de ecossistemas terrestres (Ruhoff, 2011; Sedyama,

1996). A ET é controlada pela disponibilidade de energia solar, pelas condições aerodinâmicas da atmosfera, pelo surgimento de água no solo e pela densidade e arquitetura foliar da planta, portanto a ET está diretamente relacionada com o tipo de uso e cobertura da terra, uma vez que cada tipo de vegetação apresenta diferenças adaptativas características com relação à capacidade de absorção de água, à estrutura e profundidade do sistema radicular e com relação ao estágio fenológico, que está ligado ao potencial de transpiração em diretamente ligado a área foliar (Meireles, 2007). Os métodos de estimativa da evapotranspiração são divididos em métodos diretos, por meio do balanço de água no solo e pelos métodos indiretos, por meio do uso de dados meteorológicos. Os métodos diretos são mais exatos, entretanto, são caros e difíceis, pois exigem equipamentos e instalações especiais e os instrumentos são de alto custo, justificando-se apenas em condições experimentais (Pereira et al, 1997). Diversos métodos indiretos foram propostos para a estimativa da ET (Carvalho et al., 2011). A escolha do método mais adequado deve levar em conta a disponibilidade de dados disponíveis na região e a metodologia mais adequada à localidade. Desta forma, o estudo em questão objetivou a comparação de 4 modelos de estimativa da evapotranspiração para a cidade de Viçosa, Minas Gerais, visando a comparação dos valores de ET resultantes em cada metodologia proposta.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a simulação, foram coletados dados da Estação Meteorológica Automática Davis Vantage



II SIMEAA

Simposio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Pro2 (20° 76' S e 42° 86' O) com altitude de 653 m, localizada na área experimental de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal de Viçosa.

Os dados utilizados no presente trabalho são referentes ao ano de 2015. Os dados climáticos foram organizados e inseridos em planilhas desenvolvidas no Microsoft Office-Excel para a realização dos cálculos, de acordo com as metodologias de calculo propostas por cada método. Foram estabelecidos 4 métodos de estimativa de ET a serem analisados, sendo dois diários (Penman-Monteith e Hargreaves) e dois mensais (Thornthwaite e Blaney-Criddle).

O método Penman-Monteith-FAO (PM-FAO) é considerado o mais apropriado para a estimativa da ET_o, sendo adotado como o método padrão. Este método, além de procurar representar, de maneira consistente, o fenômeno biofísico da evapotranspiração, é alimentado por quase todos os elementos meteorológicos observados em estações meteorológicas de superfície (Carvalho et al, 2011). Apesar de apresentar valores diários de evapotranspiração com boa precisão, o principal problema desse método é que ele requer medidas acuradas de muitas variáveis meteorológicas, como: temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento (Fernandes et al, 2012), muitas vezes, não disponíveis nas estações meteorológicas mais baratas, devido à menor quantidade de sensores para a obtenção dos dados de interesse.

O método de Hargreaves (H) foi desenvolvido para estimativas de evapotranspiração de forma menos complexa que o método de Penman-Monteith (PM-FAO). Este método pode ser utilizado quando não existem dados de radiação, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Com isso, este método viabiliza o cálculo de ET utilizando uma menor quantidade de dados. Neste caso, podem-se obter os valores de evapotranspiração de referência, em milímetros diário, pelo método de HA (Hargreaves, 1974).

A equação original de Blaney-Criddle (BC) é relativamente antiga, tendo sido criada por volta de 1950, porém é uma das mais empregadas para a estimativa da evapotranspiração para regiões de clima semi-árido. Segundo Bernardo et al, 2006 este método foi desenvolvido relacionando os valores da ET mensal com o produto da temperatura média mensal, pela percentagem mensal das horas anuais de luz solar, o qual foi modificado pela FAO, incluindo ajustes climáticos locais.

Segundo Camargo (2000), Thornthwaite (TH) preparou numerosos balanços hídricos climáticos de diferentes partes do planeta e comparou os

excedentes hídricos obtidos com dados de escoamentos de bacias hidrológicas próximas, constatando a eficácia de sua equação. O método de TH pode ser utilizado em todas as regiões, já que se baseia somente na temperatura, sendo estes, de fácil obtenção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os métodos para estimativa da ET são diversos, e devem ser escolhidos de acordo vários aspectos. O primeiro seria atendendo a disponibilidade de dados meteorológicos para a área de interesse. O segundo parâmetro seria de acordo com a necessidade temporal dos valores de ET, empregando modelos que atendam a demanda de informações.

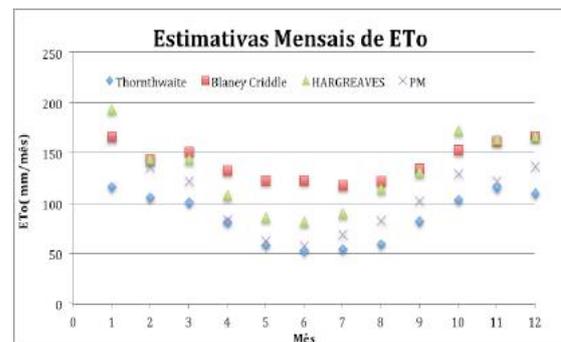


GRÁFICO 1- Comparação das estimativas de evapotranspiração utilizando diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência.

Analisando os dados obtidos, nota-se que as estimativas mensais e tomando o método de PM-FAO como referência, observamos que único método que subestima a evapotranspiração é o método de TH (**Gráfico 2**), porém apresenta valores próximos ao método de referência ($R^2=0.8945$), principalmente nos meses com temperaturas mais amenas, sendo um indicativo de sua aplicabilidade à locais com temperaturas mais amenas.

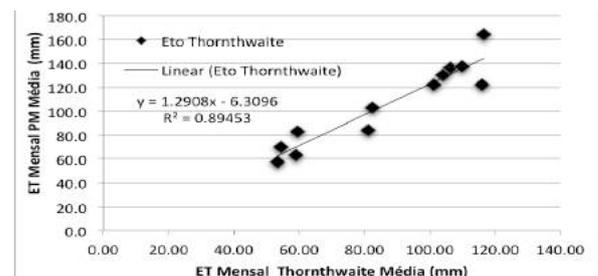


GRÁFICO 2- Regressão linear entre os valores de ET entre os métodos de PM-FAO e Thornthwaite (TH).



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

O método que mais superestimou os valores de ET foi o método de BC (e apresentou o menor valor de correlação ($R^2=0.8432$) apresentando um maior distanciamento dos valores obtidos pelo método quando comparado ao referencial (**Gráfico 4**). Este modelo se adequa melhor à localidades com temperaturas mais elevadas, visto que foi criado com o intuito de atender áreas áridas e semiáridas.

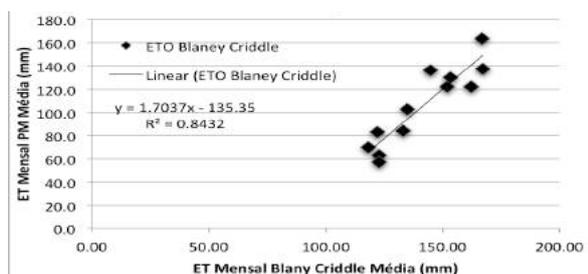


GRÁFICO 3- Regressão linear entre os valores de médios de ET mensais entre Penman-Monteith (PM-FAO) e Blaney Criddle (BC).

Observando os dados diários obtidos pelos métodos de HA com o método padrão de PM-FAO, observamos que HA superestima os valores de ET, mostrando correlação de ($R^2=0.8344$). É importante frisar que o método em questão leva em consideração informações mais simples, no caso temperatura máxima e mínima, o que torna o modelo muito prático de ser utilizado. Entretanto, a superestimava da evapotranspiração faz com que maiores quantidades de irrigação venham a ser aplicados, gerando custos ao produtor.

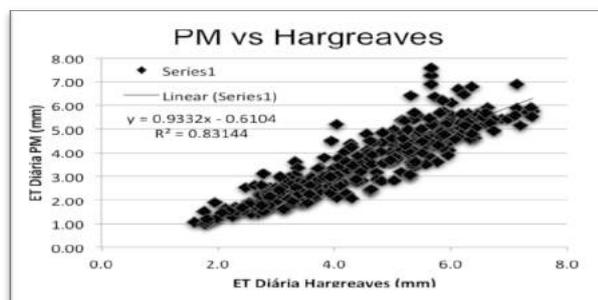


GRÁFICO 4- Regressão linear entre os valores de médios de ET diários entre Penman-Monteith e Hargreaves.

CONCLUSÕES

Conclui-se que para estimativas mensais de Evapotranspiração, o modelo de Thornthwaite se mostrou mais efetivo ($R^2=0.89$). Para dados diários, o modelo de Hargreaves demonstrou boa

correlação ($R^2=0.83$) com o método padrão, podendo ser utilizado para estimativas de ET na região de Viçosa, Minas Gerais.

AGRADECIMENTOS

À Capes pelo apoio financeiro. Ao grupo GESAI pela oportunidade e contribuição científica no desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, L. G. 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.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, v.59, p.125-37, 2000.

COSTA, M. C. Estimativa da evapotranspiração regional considerações teóricas. **Primeira versão**. Ano 1, nº 122, Porto Velho: UFRO, set 2002.

FERNANDES, D. S., HEINEMANN, A. B., PAZ, R. L. F., AMORIM, A. O. Calibração regional e local da equação de Hargreaves para estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.2, p.246- 255, 2012

HARGREAVES, G.H. (1974). Potential Evapotranspiration and Irrigation Requirements for Northeast Brazil. Utah State University, Logan, UT.

MEIRELES, M., Estimativa da evapotranspiração real pelo emprego do algoritmo SEBAL e imagem Landsat 5-TM na bacia do Acaraú CE. 2007. 89 p. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

PEREIRA, A. R.; NOVA, N. A. V.; SEDIYAMA, G. C. Evapo(transpi)ração. **Piracicaba: FEALQ**, 1997, 183p.

PEREIRA, D. DOS R. et al. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira, MG. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2488–2493, 2009.

RUHOFF, A. L. Sensoriamento remoto aplicado à estimativa da evapotranspiração em biomas tropicais. n. 2010, p. 162, 2011.

SEDIYAMA, G. C. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 1-7, 1996.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C., **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa: Editora UFV, 2005.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

VARIABILIDADE ESPACIAL DA RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO EM SOLO ARGILOSO SOB PASTAGEM DEGRADADA

Élvis da Silva Alves¹, Ana Beatriz Silva Santos², Lysa Cristine Lira de Medeiros², Cícero Gomes dos Santos³, Márcio Aurélio Lins dos Santos³, Maryjane Diniz de Araújo Gomes⁴, Lineu Neiva Rodrigues⁵

¹Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista do CNPq. e-mail: elvistv@gmail.com;

²Discente de graduação em Zootecnia / *Campus* Arapiraca – UFAL. e-mail: beatriz.zoo18@gmail.com / lysa_lira@hotmail.com;

³Professor do Curso de Agronomia / *Campus* Arapiraca - UFAL. e-mail: cgomes@arapiraca.ufal.br / mal.santo@hotmail.com;

⁴Professora do Curso de Técnico em Agropecuária / *Campus* Castanhal - IFPA. e-mail: gomes-mary@hotmail.com;

⁵Pesquisador Embrapa Cerrados/DF. e-mail: lineu.rodrigues@embrapa.br

RESUMO: A resistência do solo à penetração pode influenciar o crescimento das raízes em comprimento e diâmetro e na direção preferencial do crescimento radicular. Em sistemas de pastejo essa resistência a penetração pode apresentar acentuação por conta do pisoteio animal. Diante do exposto, esta pesquisa teve o objetivo de avaliar a variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em diferentes profundidades aplicando a técnica de interpolação pelo método do inverso do quadrado da distância (IDW). Os dados obtidos para o desenvolvimento do trabalho foram coletados em uma propriedade rural, povoado Genipapo, zona rural da cidade de Limoeiro de Anadia – AL, num Argissolo Amarelo Distrófico. Para avaliação da variabilidade espacial da resistência a penetração do solo (RP) foi criada uma malha de pontos, gerando uma área retangular composta por 6 colunas (eixo X) e 8 linhas (eixo Y), totalizando 48 pontos. O espaçamento utilizado entre as colunas e linhas foi de 10 e 5 m, respectivamente. Nestes pontos foram coletadas as informações da RP com o auxílio do penetrômetro de impacto modelo digital (penetrolLog) da Falker. Essas informações foram coletadas em 5 profundidades: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 cm. Foi utilizado o software GS+® para interpolação dos dados e para construção dos mapas de isolinhas de superfície em 2 dimensões (2D) foi utilizado o software Surfer®, versão 8.02. A camada de 10-20 cm apresentou maiores valores de resistência a penetração.

Palavras-Chave: Densidade do solo, impedimento mecânico, variabilidade.

INTRODUÇÃO

A qualidade física dos solos é um importante elemento para a sustentabilidade nos sistemas

agrícolas, devido às propriedades físicas e os processos pedogenéticos do solo estarem envolvidos no suporte ao crescimento radicular, armazenagem e suprimento de água e nutrientes, trocas gasosas e atividade biológica (ARAUJO et al., 2012).

Os indicadores físicos de qualidade do solo são parâmetros utilizados para avaliar as possíveis mudanças ambientais no sistema solo-planta. Um desses indicadores é a resistência do solo à penetração (RP). Valores excessivos de resistência do solo à penetração podem influenciar o crescimento das raízes em comprimento e diâmetro e na direção preferencial do crescimento radicular (ECCO et al., 2012).

A resistência do solo à penetração (RP) é um importante atributo na avaliação da qualidade do solo (SOUZA et al., 2006), pois é utilizada frequentemente como indicador da compactação em sistemas de manejo por estar diretamente relacionada ao crescimento das plantas e ser de fácil e rápida determinação (STOLF et al., 1983); este atributo é influenciado pela umidade do solo, textura, densidade e condição estrutural do solo, conforme destacam Marasca et al. (2011).

Segundo Souza et al. (2006), os valores de RP considerados críticos ao crescimento radicular das plantas variam de 1,5 a 3,0 MPa. Estes valores corroboram aos obtidos por Sene et al. (1985) de 2,5 MPa para solos argilosos, no entanto, os valores críticos da correlação da resistência com o desenvolvimento das raízes para solos de textura arenosa esteve entre 6,0 a 7,0 MPa. A determinação de sua variabilidade e distribuição espacial da RP é importante para o monitoramento das camadas de impedimento mecânico do solo e para determinação dos parâmetros responsáveis pelo rendimento das culturas, assim também como das pastagens.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Diante do exposto, esta pesquisa teve o objetivo de avaliar a variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em diferentes profundidades aplicando a técnica de interpolação pelo método do inverso do quadrado da distância (IDW).

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área

Os dados obtidos para o desenvolvimento do trabalho foram coletados no ano de 2017 em uma propriedade rural, povoado Genipapo, zona rural da cidade de Limoeiro de Anadia – AL, localizada entre as coordenadas geográficas 9°45'03"S, 36°31'27"O e altitude de 206 m. O solo da área foi classificado, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), como Argissolo Amarelo Distrófico.

Avaliação da variabilidade espacial

Para avaliação da variabilidade espacial da resistência a penetração do solo (RP) foi criada uma malha de pontos equidistantes, gerando uma área retangular composta por 6 colunas (eixo X) e 8 linhas (eixo Y), totalizando 48 pontos. O espaçamento utilizado entre as colunas e linhas foi de 10 e 5 m, respectivamente. Nestes pontos foram coletadas as informações da RP com o auxílio do penetrômetro de impacto modelo digital (penetrolLog) da Falker. Essas informações foram coletadas em 5 profundidades: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 cm.

Interpolação dos valores e criação dos mapas

Para interpolação dos valores obtidos com o auxílio do penetrômetro de impacto, nas cinco profundidades foi utilizado o software GS+® "Geostatistical for Environmental Sciences", versão 7.0 (ROBERTSON, 2004), conforme o método do inverso do quadrado da distância (IDW). Conforme este método, quanto mais próximo estiver o vizinho, maior o peso que será atribuído ao valor. A interpolação baseada na equação descrita por Mello et al. (2003).

Os mapas de isolinhas de superfície em 2 dimensões (2D) foram construídos com o auxílio do software Surfer®, versão 8.02 (GOLDEN SOFTWARE, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento da resistência a penetração (MPa) do solo em condição de pastagem degradada em diferentes profundidades, é apresentado pela

estatística descritiva na **tabela 1** e os mapas que espacializam essas informações estão descritos na **figura 1**.

Como observado na **tabela 1**, a camada de 40-50 cm apresentou menor valor médio de RP, seguida das camadas 0-10, 30-40 e 20-30 cm. A camada de 10-20 cm apresentou maior valor médio da RP. Quando comparando a variação da média da RP, observou-se que da camada de 0-10 para 10-20 cm houve uma elevação de 98,70% da RP. Considerando os intervalos de 10-20 a 20-30, 20-30 a 30-40, 30-40 e 40-50, observou-se que houve redução na RP em 17,33; 26,34 e 17,34%; respectivamente.

A camada que apresentou maior dispersão em torno da média dos valores da RP foi a camada de 10-20 cm, o que permite afirmar que nesta camada a RP apresenta maiores valores, como descrito anteriormente. Esse comportamento foi observado através do desvio padrão (DP) dos dados. O erro padrão (EP) também foi maior para a cada em destaque. Esta camada também apresentou as amostras com maiores valores de RP, seguida camada 20-30 cm.

Os mínimos valores de RP foram encontrados nas camadas 0-10 e 40-50 cm, seguidos das 20-30 e 30-40 cm e o mínimo valor maior foi encontrado na camada de 10-20 cm, sendo 113,63% que menores valores.

O comportamento da mediana reforça a ideia de que a camada de 10-20 cm apresenta maior RP, já que a mediana tende a explicar melhor a extremidade dos valores. O aumento da variância para esta mesma camada reforça a afirmação deste aumento da RP.

O teste de Shapiro-Wilk (W) mostra que a camada de 0-10 cm apresenta maior normalidade quando comparada as outras. A camada de 10-20 cm apesar de ter destacado-se com maiores valores de RP, apresentou normalidade de distribuição da RP similar a cama de 10-20 cm, sendo menor em apenas 2%.

A resistência do solo à penetração pode ser correlacionada com sua densidade e macroporosidade. Para um mesmo solo quanto maior a densidade maior também será a resistência à penetração e menor a macroporosidade (MONTANARI et al., 2012). Sene et al. (1985) destacaram que valores os valores críticos da correlação da resistência com o desenvolvimento das raízes para solos de textura arenosa esteve entre 6,0 a 7,0 MPa, como pode ser observado na camada de 10-20 cm desta pesquisa

Esta RP pode ser explicada pelo pisoteamento



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

dos animais que se alimentam da pastagem. Segundo Vzzotto et al. (2000), O pisoteio animal ocasiona redução da porosidade total e aumento da densidade do solo. Os mesmos autores ainda destacaram que o aumento da densidade do solo ocorre nos primeiros cinco centímetros. Como neste trabalho a medida foi feita de 10 em 10 cm, esse aumento de densidade e consequentemente da RP é observado apenas a partir dos 10 cm.

CONCLUSÕES

A camada de 10-20 cm apresentou maiores valores de resistência a penetração, e consequentemente maior densidade.

A realização de práticas agrícolas, como a gradagem e/ou a aração no intervalo de profundidade entre 0-30 cm tendem a resolver o problema da alta RP.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, CAPES e FAPEAL pelas bolsas concedidas ao autor e coautores deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L.; Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia** (Impresso), v. 5, p. 187-206, 2012.

ECCO, M.; CARVALHO, L. A.; FERRARI, L. P.; Variabilidade espacial da resistência do solo a penetração em área cultivada com cana-de-açúcar na safra 2008/2009. **Agrarian** - Dourados. Online, v. 5, p. 263-269, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 2006. 306p.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer version 8.02** - Feb 11 2002. Surface mapping system. Colorado: Golden Software, Inc, 1993-2002. 1 CD-ROM. GS+. Geostatistical for environmental Sciences. Version 8.02. Michigan: Gamma Design Software, 2002.

MARASCA, I.; OLIVEIRA, C. A. A.; GUIMARÃES, E. C.; CUNHA, J. P. A. R.; ASSIS, R. L.; PERIN, A.; MENEZES, L. A. S. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e teor de água em sistema de plantio direto, na cultura da soja. **Bioscience Journal**, v.27, n.2, p.239-246, 2011.

MELLO, C. R.; LIMA, J.M.; SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, M. S. Krigagem e Inverso do Quadrado da Distância para Interpolação dos Paramentos da Equação de Chuvas Intensas. **R. Bras. Ci. Solo**. V. 27, p. 925-933, 2003.

MONTANARI, R.; ZAMBIANCO, E. C.; CORRÊA, A. R.; PELLIN, D. M. P.; CARVALHO, M. P.; DALCHIAVON, C. C. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho correlacionados linear e espacialmente com a consorciação de guandu com milheto. **Revista Ceres**, v.59, n.1, p.125-135, 2012.

ROBERTSON, G. P. **GS+**: Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User's Guide. Plainwell: Gamma Design Software, 2004. 152 p.

SENE, M.; VEPRASKAS, M. J.; NADERMAN, G. C.; DENTON, H. P. Relationships of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling. **Soil Science Society of America Journal**, v. 49, p. 422-27, 1985.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. **Recomendação para uso do penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar – Stolf**. São Paulo: MIC/IAA/PNMCA – Planalsucar, 1983. 8p. (Série Penetrômetro de Impacto. Boletim, 1).

VIZZOTTO, V. R.; MARCHEZAN, E.; SEGABINAZZI, T. efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades físicas do solo de várzea. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, 2000.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Tabela 1. Estatística descritiva da resistência a penetração (MPa) do solo em condição de pastagem degradada em diferentes profundidades.

Prof (cm)	Média	DP	EP	CV	Máx.	Mín.	Med.	Moda	Var.	Curt.	Assim.	W
0-10	3,63	1,15	0,17	31,70	6,12	1,54	3,29	3,29	1,33	-0,30	0,30	0,94
10-20	6,06	1,71	0,25	28,14	12,12	3,29	6,12	6,12	2,91	2,34	1,16	0,92
20-30	5,01	1,61	0,24	32,26	9,67	2,45	4,80	4,80	2,61	0,46	0,84	0,93
30-40	3,69	1,36	0,20	36,83	7,82	2,45	3,29	3,29	1,84	2,29	1,54	0,80
40-50	3,05	1,02	0,15	33,54	6,72	1,54	2,45	2,45	1,05	2,55	1,29	0,84

DP: desvio padrão; EP: erro padrão; CV: coeficiente de variação (%); Máx: máximo valor; Mín: mínimo valor; Med: mediana; Var: variância; Curt: curtose; Assim: assimetria; W: teste de Shapiro-Wilk.

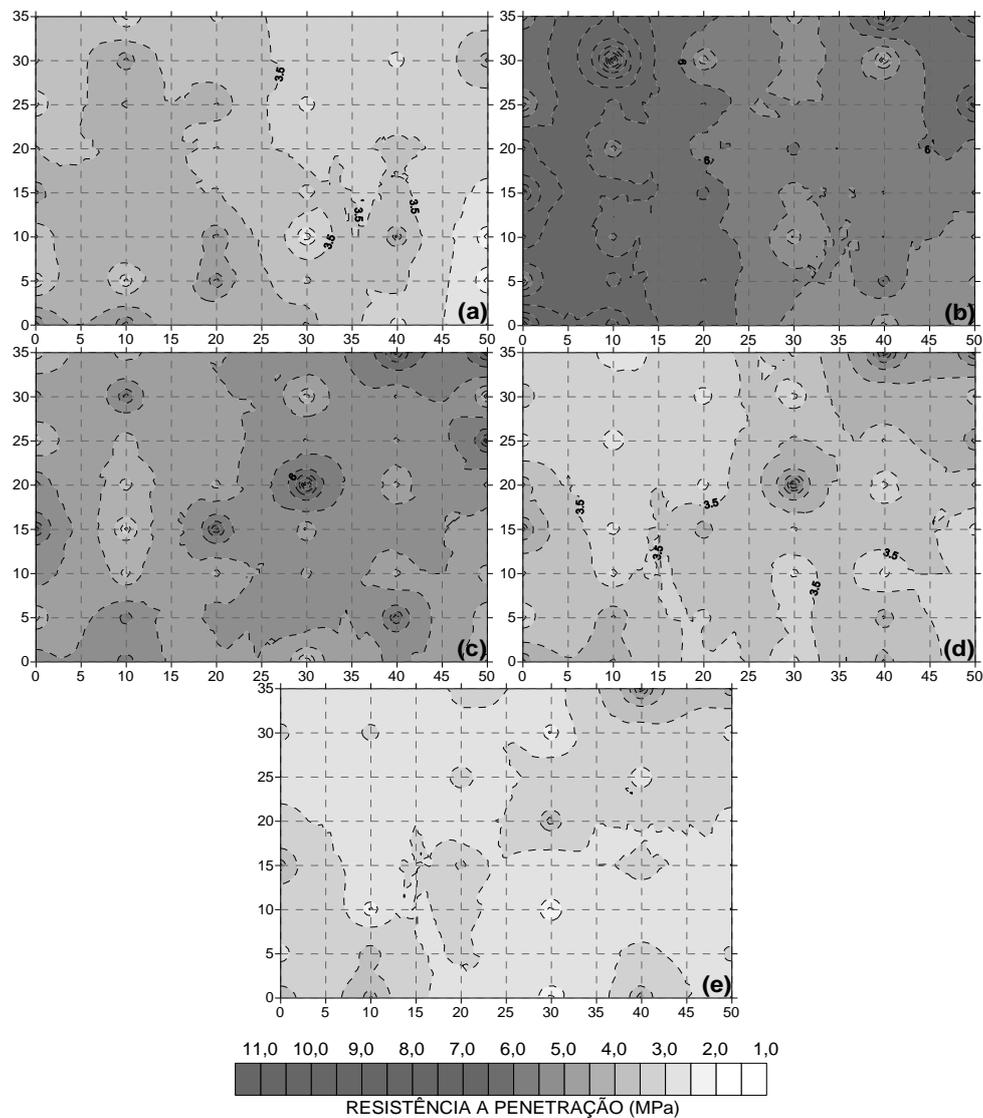


Figura 1. Mapa da variabilidade espacial da resistência a penetração do solo nas profundidades de 0-10 (a) 10-20 (b), 20-30 (c), 30-40 (d) e 40-50 cm (e).



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

MÉTODOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA IRRIGAÇÃO EM CAXIAS DO SUL-RS

Santos Henrique Brant Dias¹, Patrick Ágton de Oliveira², Igor Boninsenha³, Filliph Gomes Palma², Caio Vieira de Moraes³, Gustavo Henrique da Silva¹, Igor Lopes de Faria², Rafael Gomes Martins¹, Roberto Filgueiras¹, Francisco Cássio Gomes Alvino¹ e Catariny Cabral Aleman⁵

¹Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. E-mail: santosdiasagro@gmail.com, dasilva.h.gustavo@gmail.com, rgomesmartins1@gmail.com, betofilqueiras@gmail.com, cassioalvino@hotmail.com; ²Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: patrick.agton@ufv.br, filliph.palma@gmail.com, igorbenks@gmail.com; ³Discente de graduação Agronomia - UFV. E-mail: iboninsenhal@gmail.com, caio.morais95@gmail.com; ⁵Docente Departamento de Engenharia Agrícola-UFV. E-mail: cataryny@ufv.br.

RESUMO: A evapotranspiração de referência é um dos componentes de saída no balanço hídrico, seu conhecimento é fundamental para a manutenção de boas práticas no manejo de águas pluviais. A evapotranspiração de referência pode ser calculada pelo método Penman-Monteith FAO 56, método padrão que mostra a relação entre os elementos climáticos e o fluxo de evapotranspiração no sistema clima - planta. Entretanto, são necessários dados climáticos como a radiação solar e a velocidade dos ventos, e muitas vezes as estações climáticas não possuem todos os dados necessários, tanto por falhas sistemáticas quanto por falta de equipamentos. Pensando nisso o trabalho tem o objetivo de realizar a modelagem de métodos de obtenção de evapotranspiração mais simples para o município de Natal-RN. A cidade de Natal-RN está localizada na latitude 5° 54,6' S e longitude 35° 12' O e uma altitude 48,6 m acima do nível do mar. Os 56 anos dados (1961-2016) foram obtidos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa e inseridos no software CLIMA@ para realizar o preenchimento de falhas e calcula das evapotranspirações de referência pelos métodos de Hargreaves-Samani, Penman-Monteith (FAO-56) e Priestley-Taylor, posteriormente realizando a comparação dos métodos simplificados com o método padrão (Penman-Monteith) e realização as calibrações. Após a calibração foi possível constatar que o método Priestley-Taylor foi muito superior, já que obteve resultado melhores para os índices estatísticos avaliados.

Palavras-Chave: Hargreaves-Samani, Penman-Monteith (FAO-56), Priestley-Taylor.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de referência (ET_0) é um dos componentes de saída no balanço hídrico, seu conhecimento é fundamental para a manutenção de boas práticas no manejo de águas pluviais.

Existem diversos métodos para a estimativa de ET_0 , como o modelo proposto por Penman-Monteith FAO 56 (PM), proposto como padrão pela Food and Agriculture Organization (FAO), que é o método de estimativa com maior precisão atualmente. Apesar da estimativa precisa de PM, o método apresenta dificuldades para a obtenção das diversas variáveis climáticas utilizadas na sua determinação.

Outros métodos que apresentam boa confiabilidade são os modelos de Hargreaves-Samani (HS) que utiliza apenas dados de temperatura e Priestley-Taylor (PT), que utiliza dados de radiação, temperatura e umidade, respectivamente, sendo a obtenção destes parâmetros mais simples, tornando a utilização destes modelos mais prática.

Pensando nisso o trabalho tem o objetivo de realizar a modelagem de métodos de obtenção de evapotranspiração mais simples para o município de Caxias do Sul-RS.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e base de dados

Para a estimativa de ET_0 foram utilizados dados da estação meteorológica de Caxias do Sul-RS (Latitude 29° 9,6' S; Longitude 51° 12' O), a 759,6 m de altitude. Os dados da estação foram obtidos através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes ao período de 1961 a 2016 (BDMEP, 2017; INMET, 2017).



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Tratamentos e amostragens

O preenchimento de falhas e cálculo da evapotranspiração foi realizado pelo software CLIMA® do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR)(FARIA et al., 2002). O software realiza o preenchimento de todas as falhas automático de acordo com o método selecionado e os cálculos dos métodos de evapotranspiração de referência analisados, o software é bem conceituado e já utilizado por inúmeros autores (BARBIERI et al., 2016; FENNER et al., 2015; RAMOS et al., 2017, 2015).

A estimativa de ET_0 pelo método PM foi utilizada como padrão na modelagem, sendo feita a comparação de seus resultados com os resultados obtidos das estimativas pelos métodos de HS e PT, além disto, foi feita uma correção dos dados por meio do modelo linear.

Os dados obtidos por PM foram plotados no eixo das ordenadas (variável dependente) e os dados obtidos pelos modelos de HS e PT foram plotados no eixo das abscissas (variável independente).

Através das equações geradas, os dados foram mais uma vez correlacionados com a equação de PM-FAO 56. A **Figura 1** apresenta os gráficos da correlação linear entre os métodos citados.

Análises estatísticas

As avaliações estatísticas foram realizadas com base em diferentes índices estatísticos que apresentam diferentes funções de avaliações. O R^2 indica o poder preditivo da reta de regressão associada entre duas variáveis, muitas vezes não é o mais ideal, pois algumas variáveis não têm comportamento linear.

O erro médio quadrático (RMSE; $mm \cdot dia^{-1}$) fornece uma medida da magnitude média do erro através da diferença quadrática entre os dados estimados e observados, o erro médio absoluto (MAE; $mm \cdot dia^{-1}$) fornece um valor médio dos erros absolutos, ambas variam de 0 a $+\infty$ e quantificam o erro com as mesmas unidades da variável original. O RMSE dá um peso relativamente alto aos grandes erros evidenciando a presença de outliers, útil quando grandes erros são particularmente indesejáveis (WILKS, 2011; WILLMOTT; MATSUURA, 2005).

O erro viés médio (MBE; $mm \cdot dia^{-1}$) é indicado para visualizar as tendências de subestimativas ou superestimativas, a eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE) é usado para avaliar o poder preditivo do modelo, variar entre $-\infty$ e 1, e 1 corresponde o ajuste perfeito entre os dados estimados pelo modelo com os dados medidos (MORIASI et al., 2007).

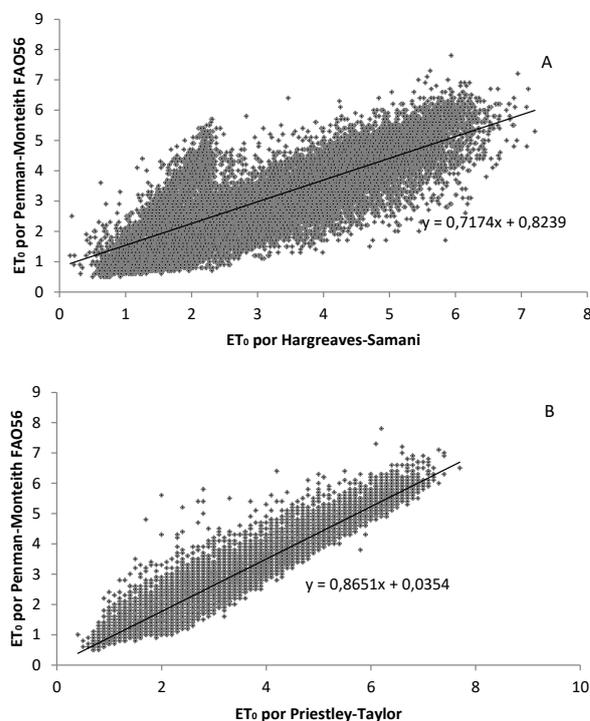


Figura 1.: A-Regressão linear entre o método PM e HS. B-Regressão linear entre o método PM e PT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Figura 2** são apresentados os valores de RMSE antes e depois da correção para os métodos de PT e HS.

Observou-se que o RMSE diminuiu consideravelmente para os dois métodos após a correção, ocasionando em um aumento na exatidão de ambos os métodos na determinação de ET_0 entretanto a diferença entre os dois métodos não foi tão grande quanto encontrado em literatura.

Em posse dos valores após a correção, conclui-se que o método de PT obteve menores valores de RMSE comparados com o método de HS, o HS teve um excelente desempenho, superior ao esperado, isso pode ser pelo método ter sido modelado em zonas temperadas, semelhantes a região de Caxias do Sul.

Para o índice R^2 , não houve nenhuma alteração como já esperado, uma vez que a calibração altera apenas a posição da reta e seu ângulo de inclinação, mantendo a dispersão dos dados e sua correlação linear.



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

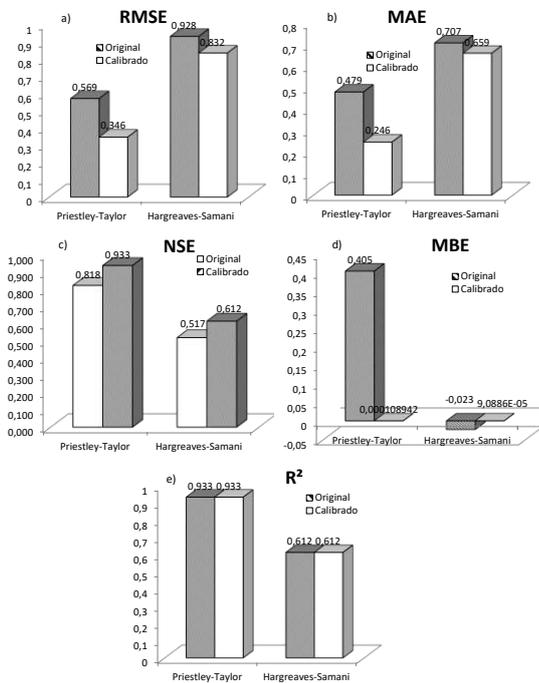


Figura 2. Valores de a)-RMSE; b)-MAE; c)-NSE; d)-MBE e e)-R² antes e depois da correção dos dados.

Os valores de MAE representa o valor médio dos erros absolutos, logo, conclui-se que o método de HS possui erros maiores do que os de PT. O método de PT teve um ganho de desempenho após a calibração bem superior que o método de HS, tendo uma significativa redução do erro após a correção.

Os valores de NSE depois da correção não aumentaram muito para os métodos, entretanto o valor anterior a calibração já eram bem aceitáveis e demonstraram um bom ajuste. Os valores indicam que o método PT possui bom poder preditivo, diferentemente e melhor do que o método HS.

Os valores de MBE chegaram próximos a 0 após a correção, o índice é utilizado para identificar se o método sub ou superestima a predição, nesta situação, os dois métodos superestima os resultados.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o método de Priestley-Taylor apresenta melhores resultados para Caxias do Sul-RS do que o método de Hargreaves-Samani. Entretanto o método de Hargreaves-Samani é mais indicado por ser mais simples de se calcular e ter variáveis mais baratas para obtenção (já que o foco são pequenos agricultores e os sensores de

radiação têm um custo muito alto.

AGRADECIMENTOS

Ao GESAI que contribuiu para a realização deste trabalho. Ao CNPq, CAPES pelas bolsas concedidas ao autor e coautores do trabalho.

REFERÊNCIAS

BARBIERI, J. D. et al. Agroclimatic aptitude for peanut in the West region of the state of Mato Grosso. *Científica*, v. 44, n. 4, p. 457, 11 nov. 2016.

BDMEP. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdme>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

FARIA, R. T. DE et al. CLIMA-programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. *Boletim Técnico IAPAR*, Londrina. n. 66, p. 29, 2002.

FENNER, W. et al. ÍNDICES DE SATISFAÇÃO DE NECESSIDADE DE ÁGUA PARA O MILHO SEGUNDA SAFRA EM MATO GROSSO. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 15, 15 abr. 2015.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Dados meteorológicos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

MORIASI, D. N. et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, v. 50, n. 3, p. 885–900, 2007.

RAMOS, H. D. C. et al. PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA DO AR PARA O ESTADO DE MATO GROSSO UTILIZANDO KRIGAGEM ORDINÁRIA. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 20, 1 ago. 2017.

RAMOS, H. DA C. et al. PRECIPITAÇÃO PLUVIAL DE DIAMANTINO-MT EM ANOS DE OCORRÊNCIA DE EL NIÑO, LA NIÑA E NEUTROS. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 30, n. 1, p. 71–80, mar. 2015.

WILKS, D. S. *Statistical methods in the atmospheric sciences*. Oxford; Waltham, MA: Academic Press, 2011.

WILLMOTT, C.; MATSUURA, K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate Research*, v. 30, p. 79–82, 2005.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET_0) ENTRE VIÇOSA-MG E SOUSA-PB

Francisco Cássio Gomes Alvino¹, Gustavo Berger Schaeffer², Matheus Pereira Gomes Raimundi³, Filliph Gomes Palma⁴, Gustavo Henrique da Silva⁵, Patrick Ágton de Oliveira⁶, Caio Vieira de Moraes⁷, Élvís da Silva Alves⁸, Rafael Gomes Martins⁹, Robson Argolo dos Santos¹⁰, Catariny Cabral Aleman¹¹

¹Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: cassioalvino@hotmail.com; ² Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: gustavo.schaeffer@ufv.br; ³Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: matheuspg@gmail.com; ⁴Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: filliph.palma@gmail.com; ⁵Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: dasilva.h.gustavo@gmail.com; ⁶Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: patrick.agton@ufv.br; ⁷Discente de graduação Agronomia – UFV. e-mail: caio.morais95@gmail.com; ⁸Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: elvistv@gmail.com; ⁹Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: rgomesmartins1@gmail.com; ¹⁰Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: argolo.agro@gmail.com; ¹¹Docente Departamento de Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: catariny@ufv.br

RESUMO: A equação Penman-Monteith é considerada a mais adequada para estimativa da evapotranspiração de referência ET_0 , entretanto, exige diversos parâmetros meteorológicos. Visando a utilização de métodos mais simples de cálculo, objetivou-se estimar e comparar valores de ET_0 obtidos pelos métodos de Hargreaves-Samani, Blaney-Cliddle e Penman-Monteith. Após a comparação, ajustaram-se as equações a serem utilizadas para calibração dos métodos. Os valores de ET_0 foram estimados a partir de uma série histórica de dados provenientes de estações meteorológicas localizadas em Viçosa-MG e Sousa-PB, utilizando-se o Software Irriplus. O método de Hargreaves-Samani foi o que apresentou melhor ajuste em relação ao método de Penman-Monteith, sendo recomendado a utilização das equações descritas para obtenção de valores de ET_0 mais precisos.

Palavras-Chave: Blaney-Cliddle, Hargreaves-Samani, Penman-Monteith,.

INTRODUÇÃO

O incremento populacional que ocorrerá no planeta nas próximas décadas é previsto com certa certeza por importantes órgãos de pesquisas a nível mundial. Para alimentar a população crescente, será necessário o aumento da produção de alimentos. Incrementar a produção sem acrescer as fronteiras agrícolas, torna-se um desafio. Parte da solução, pode vir com a utilização e implementação da agricultura irrigada. Porém, a cada dia, torna-se mais importante o uso dos recursos hídricos com altíssimo grau de

racionalidade, evitando ao máximo os desperdícios.

Desta forma, a FAO (Food and Agriculture Organization), direcionou esforços para obtenção de métodos adequados para definição da demanda hídrica das áreas cultivadas através de dados climáticos. As metodologias propostas por Hargreaves & Samani (1982; 1985) e por Blaney-Criddle (1950) são boas alternativas ao método padrão, pois, em tais equações os dados de clima requeridos são somente temperatura e radiação. Mas, estas metodologias podem gerar valores sub ou superestimados, sendo necessário ajustá-las às localidades em que estão sendo empregados. Objetivou-se com a realização deste trabalho, estimar e comparar os valores de evapotranspiração de referência (ET_0) obtidos pelo método de Penman-Monteith (Padrão-FAO - 56), com os valores obtidos pelos métodos simplificados de Hargreaves-Samani e Blaney-Cliddle. Ainda teve-se por objetivo, a obtenção de equações regionais de calibração, a serem utilizadas para adequação dos métodos simplificados.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho em questão comparou duas cidades, Viçosa-MG e Sousa-PB. A estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0) foi realizada utilizando-se o aplicativo Irriplus, o qual possui uma série de dados diários das seguintes variáveis, temperatura máxima e mínima do ar, horas de brilho solar, temperatura de bulbo seco e bulbo úmido, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Os dados climáticos utilizados nesse



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

trabalho foram provenientes do banco de dados climáticos do software, os quais foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A metodologia utilizada para estimativa dos valores de ET_0 foram o de Penman-Monteith - FAO 56 (PM) (Allen et al., 1998), Hargreaves-Samani (HS) (Hargreaves & Allen, 2003) e Blaney-Cliddle (BC) (Allen & Pruitt, 1986). Após o cálculo diário dos valores de ET_0 utilizando-se as três metodologias, realizaram-se análises de regressão a partir dos valores de ET_0 estimados pelos métodos de Hargreaves-Samani e Blaney-Cliddle, com valores de ET_0 estimados pelo método de PM.

Foram realizadas análises de regressão utilizando-se valores diários de ET_0 para todo o ano em estudo. A partir das equações de regressão, calcularam-se equações de calibração dos valores de ET_0 estimados pelos métodos de Hargreaves-Samani (HS) e Blaney-Cliddle (BC), em relação ao método padrão (Penman-Monteith) (PM), para cada cidade em questão, possibilitando-se a adoção destas para calibração dos modelos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação da temperatura média diária, ao decorrer do ano, para as localidades de Viçosa-MG e Sousa-PB, está apresentada na **Figura 1**.

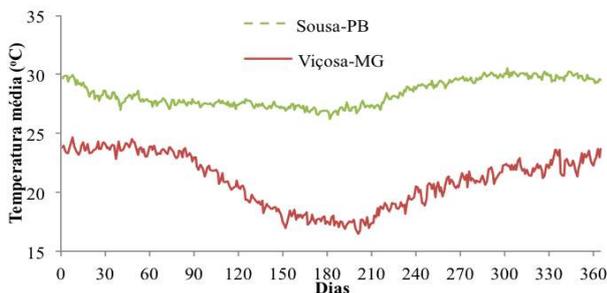


Figura 1. Variação da temperatura média diária durante o ano nos locais do estudo.

De acordo com a **Figura 1**, observa-se que a cidade de Sousa apresenta temperaturas superiores à Viçosa, além de menor variação ao longo do ano. Sousa possui clima de característica quente e seco com forte insolação durante todo o ano, o que ocasiona elevados índices de evaporação. A temperatura média anual é de 28 °C sendo o mês de novembro o mais quente

(30 °C) e junho o mais frio (26 °C).

Em Viçosa a temperatura média observada é de 24° e apresenta maior variação de temperatura, sendo os maiores valores obtidos nos meses de janeiro e fevereiro e os menores valores nos meses de junho e julho.

Para a cidade de Sousa observa-se que o primeiro semestre do ano, os valores de ET_0 estimados pelo método de HS comportaram-se semelhante aos valores estimados pelo método de PM, no entanto, para o segundo semestre o método de HS subestimou o método de PM. Já o método de BC subestimou durante todos os dias do ano os valores encontrados por PM.

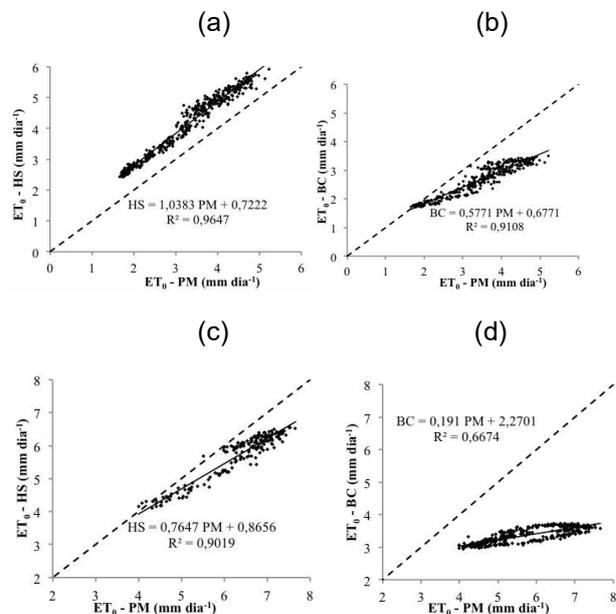


Figura 4. Equações de ajuste e coeficientes de determinação obtidos com valores de ET_0 estimados pelos métodos de Hargreaves-Samani (HS) e Blaney-Cliddle (BC) e com valores de ET_0 estimados pelo método de Penman-Monteith (PM), para as cidades de Viçosa-MG (a, b) e Sousa-PB (c, d).

A correlação existente entre os métodos de HS e BC, em relação à PM para a localidade de Viçosa, pode ser considerada boa ($R^2=0,9$). Visando a utilização dos métodos de HS e BC para estimativa da ET_0 , em regiões que possuem boa correlação com PM, recomenda-se uma equação para calibração dos valores ET_0 , a partir das equações de regressão linear apresentadas na **Figura 4**.

Para a cidade de Sousa, observa-se que o método de Hargreaves-Samani apresenta uma pequena tendência de subestimar a ET_0 , já o



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

método de Blaney-Cliddle teve grande subestimação dos valores de ET_0 , fato também observado por Mendonça *et al.* (2003). Verifica-se na Figura 3, maior coeficiente de determinação para o método de Hargreaves-Samani, demonstrando boa correlação entre os valores estimados.

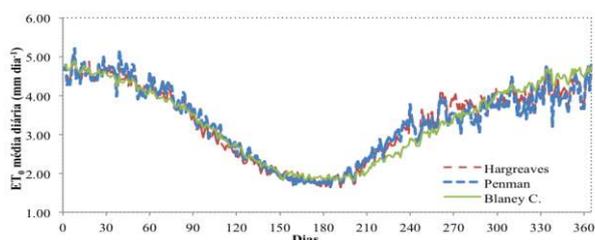
Apesar do método de Penman-Monteith ser o mais adequado para estimar a evapotranspiração de referência ET_0 , este demanda inúmeros parâmetros meteorológicos, o que dificulta sua aplicação em regiões onde existem estações meteorológicas simplificadas. Visando a utilização dos métodos de Hargreaves-Samani e Blaney-Cliddle para estimativa da ET_0 , em regiões que possuem boa correlação com Penman-Monteith, recomenda-se uma equação para calibração dos valores ET_0 , a partir das equações de regressão linear apresentadas no **Quadro 1**.

Quadro 1. Equação para calibração dos valores de ET_0 estimados pelos métodos de Hargreaves-Samani (HS) e Blaney-Cliddle (BC), para as localidades de Viçosa-MG e Sousa-PB.

Localidade	Método	Equação
Viçosa-MG	HS	0,9631 HS - 0,6956
	BC	1,7328 BC - 1,1733
Sousa-PB	HS	1,2077 HS - 1,1319
	BC	5,2356 BC - 11,8853

A partir das equações de calibração apresentadas no **Quadro 1**, realizou-se o ajuste dos valores de evapotranspiração de referência ET_0 .

(a)



(b)

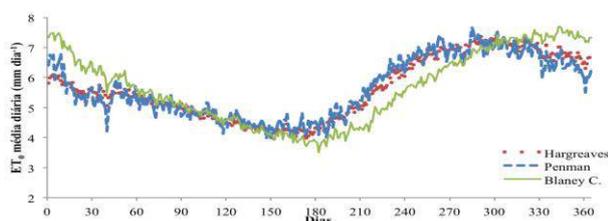


Figura 3. Comparação dos valores de ET_0 , depois da calibração, para as cidades de Viçosa-MG (a) e Sousa-PB (b).

Analisando a **Figura 3** para a localidade de Viçosa, verifica-se que após a calibração proposta, o método de Hargreaves-Samani proporcionou melhor ajuste ao método de Penman-Monteith, quando comparado ao método de Blaney-Cliddle. Logo, caso não seja possível a estimativa da ET_0 utilizando o método de Penman-Monteith, recomenda-se a utilização do método de Hargreaves-Samani, com posterior calibração.

Em relação à cidade de Sousa, observa-se que após o ajuste proposto, o método de Hargreaves-Samani proporcionou melhor ajuste em relação ao método de Penman-Monteith. Para o método Blaney-Cliddle, observa-se que esse apresentou tendência a subestimar os valores de ET_0 .

CONCLUSÕES

Recomenda-se a utilização do método de Hargreaves-Samani para estimativa da ET_0 na cidade de Sousa e Viçosa com posterior calibração.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes, CNPq, GESAI e à Universidade Federal de Viçosa.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G. et al. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 308 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).
- ALLEN, R.G.; PRUITT, W.O. Rational use of the FAO Blaney-Criddle formula. **Journal of Irrigation and Drainage ASCE**, New York, v. 112(IR2), p. 139-155, 1986.
- HARGREAVES, G.H.; ALLEN, R.G. History and evaluation of Hargreaves evapotranspiration equation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 129, n. 1, p. 53-63, 2003.
- MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 355 p.
- NETO, A.C.F.; MANTOVANI, E.C.; VICENTE, M.R.; VIEIRA, G.H.S.; SEDIYAMA, G.C.; LEAL, B.G. Comparação entre métodos simplificados de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0) para regiões produtoras de café brasileiras. **Coffee Science**, Lavras, v.6, n.2, p.159-171, maio/ago. 2011.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA ENTRE VIÇOSA-MG E CATALÃO-GO

Francisco Cássio Gomes Alvino¹, Rafael Gomes Martins², Patrick Ágton de Oliveira³, Santos Henrique Brant Dias⁴, Igor Boninsenha⁵, Igor Lopes de Faria⁶, Caio Vieira de Moraes⁷, Filliph Gomes Palma⁸, Gustavo Henrique da Silva⁹, Catariny Cabral Aleman¹⁰.

¹Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: cassioalvino@hotmail.com; ²Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: rgomesmartins1@gmail.com; ³Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: patrick.agton@ufv.br; ⁴Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: santosdiasagro@gmail.com; ⁵Discente de graduação Agronomia – UFV. e-mail: iboninsenha@gmail.com; ⁶Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: igorbenks@gmail.com; ⁷Discente de graduação Agronomia – UFV. e-mail: caio.morais95@gmail.com; ⁸Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: filliph.palma@gmail.com; ⁹Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: dasilva.h.gustavo@gmail.com; ¹⁰Docente Departamento de Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: catariny@ufv.br

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo estimar e comparar os valores de ET_0 obtidos pelos métodos de Hargreaves-Samani, Blaney-Cliddle e Penman-Monteith, realizando o ajuste e calibração das equações a serem utilizadas. Os valores de ET_0 foram estimados a partir de uma série histórica de dados provenientes de estações meteorológicas localizadas em Viçosa-MG e Catalão-GO, utilizando-se o Software Irriplus. O método de Hargreaves-Samani foi o que apresentou melhor ajuste em relação ao método de Penman-Monteith (método padrão), sendo recomendável sua utilização nas regiões próximas as localidades estudadas, que possuam limitação de dados climáticos. Recomenda-se ainda, a utilização de equações de calibração, para ajuste dos valores de evapotranspiração de referência ET_0 , estimados pelo método de Hargreaves-Samani.

Palavras-Chave: Blaney-Cliddle, Hargreaves-Samani, Penman-Monteith.

INTRODUÇÃO

A prática da irrigação eleva a produção por safra ao reduzir os déficits hídricos, aumenta a produção por área ao possibilitar mais safras ao longo do ano e reduz o risco de perda de safras. Observando os benefícios oriundos da implantação da agricultura irrigada, esta se encontra como o ponto chave nos principais órgãos de pesquisa para a produção de alimento.

Existem metodologias que aferem o consumo de água através do solo, da planta ou de dados climáticos. Os dados de clima podem ser obtidos de

hora em hora, ou até mesmo de minuto a minuto, e com alta confiabilidade. Desta forma, a FAO (Food and Agriculture Organization), direcionou esforços para obtenção de métodos adequados para definição da demanda hídrica das áreas cultivadas através de dados climáticos, propondo como padrão o método de Penman-Monteith FAO-56.

As metodologias propostas por HARGREAVES & SAMANI (1982; 1985) e por BLANEY - CRIDDLE (1950) são boas alternativas ao método padrão, pois, em tais equações os dados de clima requeridos são somente temperatura e radiação. Mas, estas metodologias podem gerar valores sub ou superestimados, sendo necessário ajusta-los às localidades em que estão sendo empregados.

Objetivou-se com a realização deste trabalho, estimar e comparar os valores de evapotranspiração de referência (ET_0) obtidos pelo método de Penman-Monteith (Padrão-FAO), com os valores obtidos pelos métodos simplificados de Hargreaves - Samani e Blaney - Cliddle. Ainda teve-se por objetivo, a obtenção de equações regionais de calibração, a serem utilizadas para adequação dos métodos simplificados.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização desse trabalho foram selecionadas duas cidades, sendo, Viçosa no estado de Minas Gerais – MG e Catalão no estado de Goiás – GO, em que a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0) foi realizada utilizando-se o aplicativo Irriplus, o qual possui uma série de dados diários das seguintes variáveis: temperatura máxima e mínima do ar, horas de brilho



II SIMEAA

Simposio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

e julho.

solar, temperatura de bulbo seco e bulbo úmido, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Os dados climáticos utilizados nesse trabalho foram provenientes do banco de dados climáticos do software, os quais foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A metodologia utilizada para estimativa dos valores de ET_0 foram o de Penman-Monteith (PM) (ALLEN et al., 1998), Hargreaves-Samani (HS) (HARGREAVES; ALLEN, 2003) e Blaney-Cliddle (BC) (ALLEN; PRUITT, 1986). Após o cálculo diário dos valores de ET_0 utilizando-se as três metodologias, realizaram-se análises de regressão a partir dos valores de ET_0 estimados pelos métodos de Hargreaves-Samani e Blaney-Cliddle, com valores de ET_0 estimados pelo método de Penman-Monteith.

Foram realizadas análises de regressão utilizando-se valores diários de ET_0 para todo o ano em estudo. A partir das equações de regressão, calcularam-se equações de calibração dos valores de ET_0 estimados pelos métodos de Hargreaves-Samani (HS) e Blaney-Cliddle (BC), em relação ao método padrão (Penman-Monteith) (PM), para cada cidade em questão, possibilitando-se a adoção destas para calibração dos modelos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação da temperatura média diária, ao decorrer do ano, para as localidades de Viçosa-MG, Catalão-GO, está apresentada na **Figura 1**.

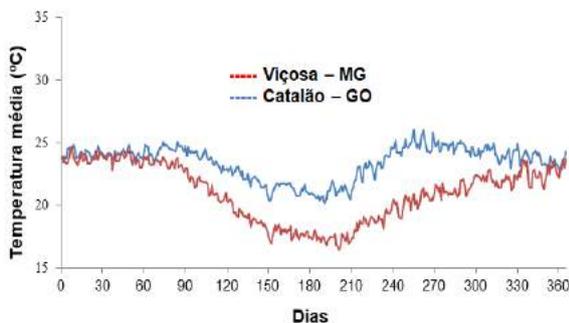


Figura 1. Variação da temperatura média diária durante o ano nos locais do estudo.

Como observado na **Figura 1**, às cidades de Viçosa e Catalão apresentaram temperaturas semelhantes entre os primeiros meses do ano, com média de 24 °C, no entanto, a cidade de Viçosa apresenta a maior variação de temperatura, sendo os maiores valores obtidos nos meses de janeiro e fevereiro e os menores valores nos meses de junho

Em relação à cidade de Catalão, os meses mais quentes do ano são de agosto a novembro com temperatura média de 25 °C, e o mais frio no mês de julho com temperatura de 20 °C. Os dados de temperatura normalmente explicam muito o comportamento da evapotranspiração.

A variação dos valores médios diários de evapotranspiração de referência ET_0 estimados pelos métodos de Penman-Monteith, Hargreaves-Samani e Blaney-Cliddle, para as cidades de Viçosa-MG e Catalão-GO, estão apresentados na **Figura 2**.

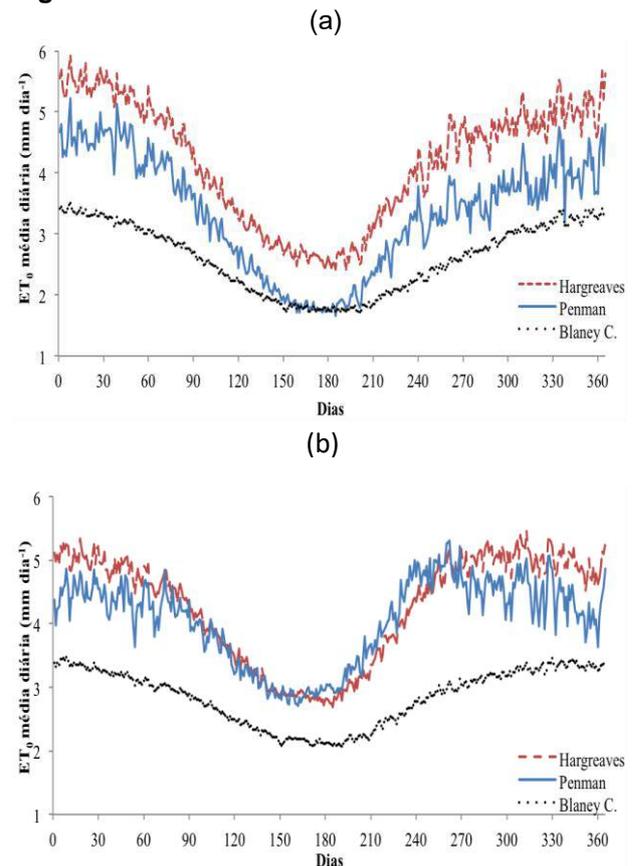


Figura 2. Valores médios diários de ET_0 ($mm\ dia^{-1}$) estimados pelos três métodos analisados, para a localidade de Viçosa-MG (a) e Catalão-GO (b).

Analisando a **Figura 2**, verifica-se que os picos máximos de evapotranspiração nas localidades de Viçosa e Catalão, ocorreram no período de agosto a março, coincidindo com os períodos de maiores valores e temperaturas médias diárias (**Figura 2**).

Em relação aos valores estimados de ET_0 , tomando-se como referência os valores estimados pelo método de PM, verifica-se que o método de HS apresenta maior tendência a superestimar a ET_0 , na localidade de Viçosa, ao passo que o método de BC



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

subestima os valores de ET_0 , corroborando com os resultados encontrados por Neto *et al.* (2011) para cidade de Viçosa.

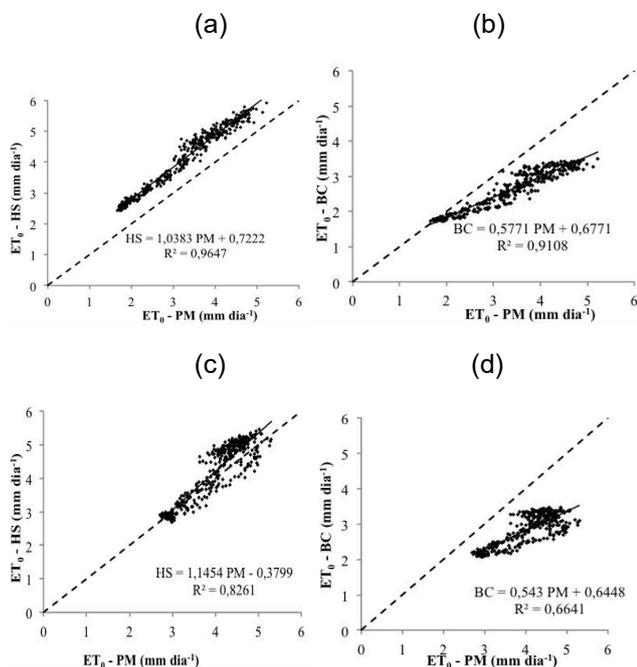


Figura 4. Equações de ajuste e coeficientes de determinação obtidos com valores de ET_0 estimados pelos métodos de Hargreaves-Samani (HS) e Blaney-Cliddle (BC) e com valores de ET_0 estimados pelo método de Penman-Monteith (PM), para as cidades de Viçosa-MG (a, b) e Catalão-GO (c, d).

A correlação existente entre os métodos de HS e BC, em relação à PM para a localidade de Viçosa, pode ser considerada boa ($R^2=0,9$). Visando a utilização dos métodos de HS e BC para estimativa da ET_0 , em regiões que possuem boa correlação com PM, recomenda-se uma equação para calibração dos valores ET_0 , a partir das equações de regressão linear apresentadas na **Figura 4**.

Quadro 1. Equação para calibração dos valores de ET_0 estimados pelos métodos de Hargreaves-Samani (HS) e Blaney-Cliddle (BC), para as localidades de Viçosa-MG e Catalão-GO.

Localidade	Método	Equação
Viçosa - MG	HS	0,9631 HS - 0,6956
	BC	1,73228 BC - 1,1733

Catalão - GO	HS	0,8731 HS + 0,3317
	BC	1,8416 BC - 1,1875

A partir das equações de calibração apresentadas no **Quadro 1**, realizou-se o ajuste dos valores de evapotranspiração de referência ET_0 , estimados pelos métodos de Hargreaves-Samani e Blaney-Cliddle, para as localidades em estudo.

CONCLUSÕES

A estimativa da evapotranspiração de referência ET_0 pelo método de Hargreaves-Samani apresentou melhor ajuste ao método de Penman-Monteith para todas as localidades estudadas e as equações são passíveis de utilização para calibração dos outros métodos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes, CNPq e à UFV.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G. et al. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 308 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).
- ALLEN, R.G.; PRUITT, W.O. Rational use of the FAO Blaney-Criddle formula. **Journal of Irrigation and Drainage ASCE**, New York, v. 112(IR2), p. 139-155, 1986.
- HARGREAVES, G.H.; ALLEN, R.G. History and evaluation of Hargreaves evapotranspiration equation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 129, n. 1, p. 53-63, 2003.
- MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 355 p.
- NETO, A.C.F.; MANTOVANI, E.C.; VICENTE, M.R.; VIEIRA, G.H.S.; SEDIYAMA, G.C.; LEAL, B.G. Comparação entre métodos simplificados de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0) para regiões produtoras de café brasileiras. **Coffee Science**, Lavras, v.6, n.2, p.159-171, maio/ago. 2011.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

MODELAGEM DO PROCESSO DE HIDRATAÇÃO DE GRÃOS DE FEIJÃO REVESTIDOS COM CERA DE CARNAÚBA

Marcos Eduardo Viana de Araujo¹, Aline Almeida da Paixão², Fernanda Machado Baptestini³, Juliana Soares Zeymer⁴, Paulo Cesar Corrêa⁵

¹Engenheiro Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola – UFV. e-mail: marcos.rav@hotmail.com; ²Engenheira Agrícola e Ambiental, Mestre em Engenharia Agrícola – UFV. e-mail: aline@itagro.com.br; ³Engenheira Agrícola, Prof. Doutora da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Alegre. e-mail: fbaptestini@yahoo.com.br; ⁴Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola – UFV. e-mail: juliana.zeymer@ufv.br; ⁵Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor do Departamento de Engenharia Agrícola, UFV. e-mail: copace@ufv.br

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho estudar o processo de hidratação de grãos de feijão do cultivar BRSMG Majestoso para diferentes temperaturas e concentração de cera de carnaúba aplicada na superfície do produto. Foram utilizados grãos de feijão com teores de água de 0,2015; 0,1972 e 0,1745 (b.s.) correspondentes aos tratamentos 0 (testemunha), 1 (cera diluída em água na proporção de 1:1) e 2 (solução de cera de carnaúba, sem diluição), embebidos em água destilada, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, durante 15 h. A temperatura e a cera de carnaúba influenciaram a taxa de absorção de água. O modelo de Peleg ajustou-se satisfatoriamente aos dados experimentais e o mesmo não pode ser afirmado para o modelo de Mitscherlich, por apresentar distribuição dos resíduos tendenciosa. As constantes C_1 e C_2 do modelo de Peleg apresentaram comportamento oposto com a elevação da temperatura de hidratação.

Palavras-Chave: cultivar BRSMG Majestoso, modelo de Mitscherlich, modelo de Peleg

INTRODUÇÃO

Um dos parâmetros utilizados para aferir a qualidade do feijão é o tempo de cocção. Este está relacionado à rápida absorção de água pelos grãos antes do cozimento. Segundo Omoto et al. (2009), o processo de hidratação de grãos está presente na caracterização da qualidade fisiológica dos mesmos, na extração de algum constituinte de interesse, no cozimento, na redução ou eliminação de fatores antinutricionais e na melhora da digestibilidade. A hidratação é um processo físico diretamente relacionado com as características de permeabilidade do envoltório (pericarpo) e as propriedades dos colóides constituintes dos grãos (Bewley & Black, 1994; Woodstock, 1988).

Pesquisas envolvendo a cinética de absorção e adsorção de água em produtos agrícolas tais como alpiste (Lisbôa et al., 2015), soja (Fracasso, et al. 2014, 2015), feijão (Resende, et al. 2007) tem avaliado o efeito da temperatura na taxa e na quantidade de água difundida para o interior do

produto. Entretanto, não há os que relacionam algum tipo de revestimento como as ceras naturais sobre estas variáveis.

A aplicação de cera em produtos agrícolas reduz a perda de água e confere aspecto atrativo após a secagem e polimento. Além disso, a película de cera aplicada na superfície do produto vegetal apresenta diferentes taxas de permeabilidade ao O_2 , CO_2 e vapor d'água em função das propriedades da matéria-prima, de sua concentração e da espessura da película, permitindo, assim, a conservação do produto por um maior período de tempo (Paixão et al., 2017).

Diante do que foi apresentado, objetivou-se com este trabalho, modelar, para diferentes temperaturas e soluções de cera de carnaúba, a cinética de hidratação de grãos de feijão do cultivar BRSMG Majestoso.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Avaliação de Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (Centreinar), localizado na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Foram utilizados grãos de feijão do cultivar BRSMG Majestoso do grupo carioca colhidos manualmente no campo experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), na cidade de Oratórios/MG.

Os grãos com teor de água de aproximadamente 0,1481 (b.s.) foram tratados com a solução de cera de carnaúba, sendo divididos em três lotes de 25 kg, dos quais, um destinou-se a amostra testemunha, um a aplicação da cera diluída na proporção de 1:1 (solução de cera de carnaúba/água) e o outro lote aplicado apenas a solução de cera de carnaúba, denominados tratamentos 0, 1 e 2, respectivamente. Após a aplicação, os grãos foram espalhados em terreiros suspensos para secagem, que posteriormente foram armazenados em sacos e algodão.

Para modelagem do processo de hidratação foram utilizados o modelo proposto por Peleg



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

(1988), e o modelo de Mistscherlich descrito por Ratkowsky (1989). Para verificar o grau de ajuste dos modelos, considerou-se a magnitude do coeficiente de determinação (R^2), do erro médio relativo (P), do erro médio estimado (SE) e a distribuição de resíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os grãos de feijão apresentaram um comportamento característico para a absorção de água durante o processo de hidratação, conforme pode ser observado na **figura 1**.

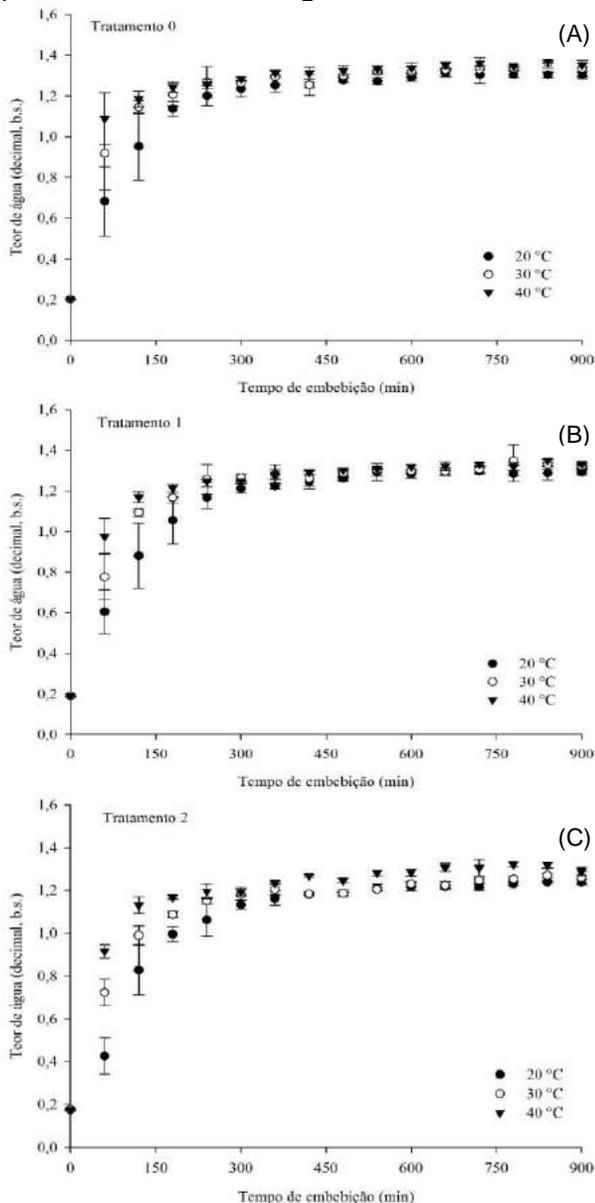


Figura 1. Teor de água (b.s.) de grãos de feijão ao longo do tempo de hidratação em diferentes temperaturas para os tratamentos 0 (A), 1 (B) e 2 (C).

Nota-se que depois de decorridos 300 min (5 h) de teste torna-se difícil fazer a distinção do efeito da temperatura no processo de absorção. A temperatura de 40 °C foi a condição em que houve maior absorção de água, independentemente do tratamento avaliado

Os valores iniciais e finais de teor de água de cada tratamento encontraram-se próximos: 0,2015; 0,1972 e 0,1457 (decimal b.s.) para os tratamentos 0, 1 e 2 e valores finais de, aproximadamente, 1,3014; 1,3345 e 1,3520 (decimal b.s.) para as amostras do tratamento 0; de 1,2912; 1,3217 e 1,3332 (decimal b.s.) para as amostras do tratamento 1; e de 1,2395; 1,2600 e 1,2898 (decimal b.s.) para as amostras do tratamento 2 nas temperaturas de 20, 30, 40 °C, respectivamente. Assim, a cera de carnaúba influenciou a absorção de água pelos grãos de feijão. Isso ocorre porque a cera promoveu uma barreira, dificultando a difusividade de água no produto.

Avaliou-se o desempenho do modelo de Peleg pela magnitude dos parâmetros estatísticos, este apresentou valores do coeficiente de determinação acima de 92%, p-valor (probabilidade de a hipótese de nulidade ser verdadeira) para todas as condições e coeficientes menor que 0,0001, valores satisfatórios do desvio padrão da estimativa e uma variabilidade dos dados estimados menor que 10%.

A taxa constante de Peleg (C_1) está relacionada com a taxa de transferência de massa, sendo que, quanto menores forem os valores de C_1 , maiores serão as taxas iniciais de absorção de água (Turhan et al., 2002). Este parâmetro decresceu com o aumento da temperatura e essa diminuição foi mais expressiva para os grãos tratados com maiores concentrações de cera de carnaúba.

A capacidade constante de Peleg (C_2) por sua vez está relacionada com a capacidade máxima de absorção de água, sendo que, quanto menor seu valor, maior será a absorção total de água do produto. Observou-se que a constante variou linearmente com a temperatura, aumentando com a elevação da mesma.

Avaliou-se ainda o desempenho do modelo de Mitscherlich, contudo verificou-se, pela magnitude dos parâmetros estatísticos apresentados que o modelo não foi capaz de descrever o processo de hidratação de grãos de feijão.

Na **tabela 1** estão apresentadas as equações ajustadas das constantes do modelo de Peleg em função da temperatura de hidratação com seus coeficientes de determinação. Nota-se que houveram bons ajuste para equações ajustadas.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Tabela 1. Equações para a representação das constantes do modelo de Peleg em função da temperatura de hidratação para os grãos de feijão nos tratamentos 0, 1 e 2 e seus respectivos coeficientes de determinação.

Amostra	Equações	R ²
Tratamento 0	$C_1 = -0,0328 \times T + 1,5720$	0,9468
	$C_2 = -0,0017 \times T + 0,7836$	0,9450
Tratamento 1	$C_1 = -0,0398 \times T + 1,9541$	0,9684
	$C_2 = -0,0027 \times T + 0,7407$	0,9987
Tratamento 2	$C_1 = -0,0524 \times T + 2,4978$	0,9495
	$C_2 = -0,0024 \times T + 0,7660$	0,5720

CONCLUSÃO

O aumento da temperatura resultou na elevação da taxa de absorção de água pelos grãos de feijão independente do tratamento.

A temperatura de 40 °C foi a condição em que houve maior absorção de água, independentemente do tratamento avaliado.

O aumento da dosagem de cera de carnaúba decresceu a taxa de absorção de água pelos grãos de feijão, sendo que no tratamento 2 tal efeito foi mais evidente.

O modelo de Peleg se ajustou satisfatoriamente aos dados experimentais da hidratação dos grãos de feijão do cultivar BRSMG Majestoso do grupo carioca.

As constantes C1 e C2 do modelo de Peleg apresentaram comportamento oposto com a elevação da temperatura de hidratação, a primeira diminuiu e a segunda aumentou para todos os tratamentos.

O modelo de Mitscherlich não foi capaz de descrever o processo de hidratação de água de grãos de feijão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior e ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo auxílio financeiro na forma de bolsas de mestrado.

REFERÊNCIAS

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994.

FRACASSO, A. F.; PERUSSELLO, C. A.; HAMINIUK, C. W. I.; JORGE, L. M.M.; JORGE, R. M. M. HYDRATION KINETICS OF SOYBEANS: TRANSGENIC AND CONVENTIONAL CULTIVARS. **Journal of Cereal Science**, v.60, p.584-588, 2014.

FRACASSO, A. F.; FRIZON, C. N. T.; JORGE, L. M.M.; JORGE, R. M. M. HYDRATION KINETICS OF TRANSGENIC SOYBEANS. **Acta Scientiarum Tecnologia**, v.37, p.141-147, 2015.

LISBÔA, J. F.; SILVA, J. N.; CAVALCANTI, M. T.; SILVA, E. M. C. A.; GONÇALVES, M. C.; ANÁLISE DA HIDRATAÇÃO DE GRÃOS DE ALPISTE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.218-223, 2015.

OMOTO, E. S.; ANDRADE, C. M. G.; JORGE, R. M. M.; COUTINHO, M.R.; PARAÍSO, P. R.; JORGE, L. M. de M. MODELAGEM MATEMÁTICA E ANÁLISE DA HIDRATAÇÃO DE GRÃOS DE ERVILHA. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, p.12-18, 2009.

PAIXÃO, A. A.; CORRÊA, P. C.; BAPTESTINI, F. M.; DONZELES, S. M. L.; DINIZ, M. D. M. S.; FREITAS, R. L. MODELING THE HYDRATION PROCESS OF BEAN GRAINS COATED WITH CARNAUBA WAX. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, p.2515-2530, 2017.

PELEG, M. An empirical model for the description of moisture sorption curves. **Journal of Food Science**, v.52, p.1216-1219, 1988.

RATKOWSKY, D. A. **Handbook of nonlinear regression models**. Washington State University, Pullman, Washington, 1989. 241p.

RESENDE, O.; CORRÊA P. C.; MODELAGEM MATEMÁTICA DO PROCESSO DE HIDRATAÇÃO DE SEMENTES DE FEIJÃO. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.29, p.373-378, 2007.

TURHAN, M.; SAYAR, S.; GUNASEKARAN, S. APPLICATION OF PELEG MODEL TO STUDY WATER ABSORPTION IN CHICKPEA DURING SOAKING. **Journal of Food Engineering**, v.53, p.153-159, 2002.

WOODSTOCK, L. W. SEED IMBIBITION: A CRITICAL PERIOD FOR SUCCESSFUL GERMINATION. **Journal of Seed Technology, Moline**, v.12, p.1-15, 1988.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DA SORÇÃO DE ÁGUA EM GRÃOS DE ARROZ EM CASCA

Juliana Soares Zeymer¹, Fernanda Machado Baptestini², Gabriel Henrique Horta de Oliveira³, Igor Lopes de Faria⁴, Paulo Cesar Corrêa⁵

¹Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola – UFV. email: juliana.zeymer@ufv.br; ²Engenheira Agrícola, Prof. Doutora da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Alegre. email: fbaptestini@yahoo.com.br; ³Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Campus Manhuaçu. email: gabriel.oliveira@ifsudestemg.edu.br; ⁴Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. email: igor.faria@ufv.br; ⁵Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor do Departamento de Engenharia Agrícola, UFV. email: copace@ufv.br

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho obter e avaliar as propriedades termodinâmicas de grãos de arroz em casca para diversas condições de temperatura e teores de água de equilíbrio. As propriedades termodinâmicas para dessorção e adsorção foram determinadas utilizando-se o modelo Chung Pfof, pois este apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais. A entalpia diferencial de dessorção e adsorção aumentou com a redução do teor de água, ocorrendo aumento da energia necessária para a remoção de água do produto. A entropia diferencial também aumentou com a redução do teor de água, implicando em maior demanda de mobilidade das moléculas de água. A teoria da compensação entalpia-entropia, ou teoria isocinética, foi satisfatoriamente aplicada ao fenômeno de sorção dos grãos de arroz em casca.

Palavras-Chave: entalpia diferencial, entropia diferencial, equilíbrio higroscópico, *Oryza sativa* L., teoria da compensação entalpia-entropia

INTRODUÇÃO

Em razão da relevância que o arroz desempenha nas nações subdesenvolvidas, aspectos relacionados à sua produção e consumo devem ser continuamente monitorados e avaliados, para que sua qualidade nutricional seja garantida (Lima et al., 2015). Para tanto, é necessário um aprimoramento da pesquisa científica sobre as propriedades termodinâmicas dos produtos agrícolas, relacionando os fatores que afetam a qualidade dos alimentos com a interação entre a água e os componentes químicos dos mesmos.

A análise do comportamento termodinâmico é fonte de informação para projetar equipamentos de secagem, calcular a energia requerida no processo, estudar as propriedades da água adsorvida, avaliar a microestrutura e o estudo dos fenômenos físicos que ocorrem na superfície dos alimentos (Corrêa et

al., 2012). As funções termodinâmicas podem ser calculadas a partir das isotermas de sorção (dessorção e adsorção), facilitando sua interpretação.

Diante da importância do conhecimento da interação da água com o produto, objetivou-se com este trabalho determinar e avaliar as propriedades termodinâmicas da sorção de água (dessorção e adsorção) dos grãos de arroz em casca em função do teor de água de equilíbrio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Avaliação de Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (Centreinar), localizado na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Foram utilizados grãos de arroz irrigado, variedade Urucuia, processado em casca, colhidos manualmente com teor inicial de água de 0,28 (b.s.), sendo estes utilizados para análise do processo de dessorção. Para análise do processo de adsorção, os grãos foram desidratados em estufa com recirculação forçada de ar (modelo 400-3ND/marca Gehaka) à temperatura de 40°C até atingirem um teor de água em torno de 0,17 (b.s.).

Para obtenção do teor de água de equilíbrio dos grãos de arroz em casca, pelos processos dessorção e adsorção, foi empregado o método estático-gravimétrico (Brasil, 2009), em diferentes condições de temperatura (10, 20, 30, 40 e 50 ± 1 °C) e umidade relativa do ar (entre 11 e 76% ± 2%).

Aos dados experimentais do teor de água de equilíbrio dos grãos de arroz em casca, foram ajustados modelos matemáticos frequentemente utilizados para prever a higroscopia de produtos agrícolas, sendo que o modelo de Chung Pfof foi o que exibiu os melhores ajustes estatísticos.

As propriedades termodinâmicas entropia (ΔS), entalpia (ΔH) e relação entalpia-entropia foram



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

obtidas segundo metodologia descrita por Corrêa et al. (2012). As equações para os cálculos dessas propriedades estão apresentadas nas equações 1, 2, 3 e 4.

$$\ln a_w = \pm \left(\frac{\Delta H_{st}}{RT} - \frac{\Delta S}{R} \right) \quad (1)$$

$$\Delta H = \Delta H_{st} - \Delta H_{vap} \quad (2)$$

$$T_B = \hat{T}_B \pm t_{m-2, \alpha/2} \sqrt{V_{ar}(T_B)} \quad (3)$$

$$T_{hm} = \frac{n_t}{\sum_{i=1}^{n_t} \left(\frac{1}{T_i} \right)} \quad (4)$$

Em que: a_w - atividade de água (decimal); ΔH - calor isostérico de sorção ou entalpia (kJ kg^{-1}); R - constante universal dos gases ($0,462 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$); ΔH_{vap} - calor latente de vaporização de água pura (kJ kg^{-1}); ΔH_{st} - calor isostérico integral de sorção (kJ kg^{-1}); ΔS - entropia diferencial de sorção ($\text{kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$); T_B - temperatura isocinética (K); m - número de dados pares de entalpia e entropia; T_{hm} - temperatura harmônica média (K); e n_t - número de temperaturas utilizadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores observados e estimados da entalpia diferencial em função do teor de água de equilíbrio estão apresentados na **figura 1**.

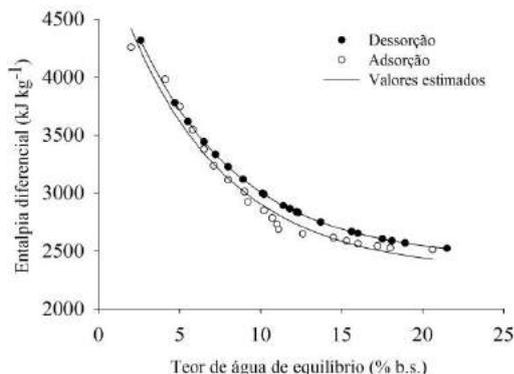


Figura 1. Valores observados e estimados da entalpia diferencial de dessorção e adsorção dos grãos de arroz em casca

Analisando a **figura 1**, observa-se que, a entalpia diferencial de dessorção e adsorção aumentou exponencialmente com a redução do teor de água de equilíbrio, sendo mais expressivo para teores de água abaixo de 10% (b.s.). O elevado

valor da entalpia diferencial de sorção para baixos valores de teor de água pode ser explicado pelas diferenças nas forças de ligação da água com a superfície adsorvente de um determinado produto. Em estágios iniciais de sorção, existem sítios polares de sorção altamente ativos, de elevada energia de interação, na superfície adsorvente, que são cobertos com moléculas de água, formando uma camada monomolecular (Al-Muhtaseb et al., 2004). À medida que as moléculas de água vão se ligando quimicamente aos locais de sorção altamente ativos, a sorção passa a ocorrer em locais menos ativos (elevado teor de água), com menor energia de interação e consequentemente, menor entalpia diferencial (Wang & Brennan, 1991).

A **figura 2** mostra os valores observados e estimados da entropia diferencial de dessorção e adsorção (ΔS), em $\text{kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$, em função do teor de água de equilíbrio (% b.s.).

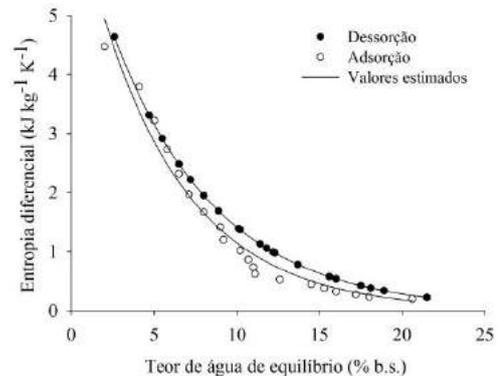


Figura 2. Valores observados e estimados da entropia diferencial de dessorção e adsorção dos grãos de arroz em casca

Na **figura 2**, observa-se que, a entropia diferencial teve uma variação semelhante à entalpia diferencial de sorção em relação à variação do teor de água de equilíbrio. Tal comportamento era esperado, uma vez que a geração de entropia está condicionada à transferência de calor entre dois sistemas, sendo sua magnitude sempre proporcional ao calor transferido para uma mesma temperatura. Desta forma, como o calor transferido na dessorção é maior que na adsorção, suas magnitudes serão sempre maiores.

De acordo com Al-Muhtaseb et al. (2004), a entropia diferencial de um alimento é proporcional ao número de sítios de sorção disponíveis em um determinado nível de energia e conforme ocorre a adsorção por parte do produto, os sítios ativos vão sendo ocupados pelas moléculas de água, sendo



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

que as entropias associadas aos sítios que ainda estão livres tornam-se cada vez menores.

Na **figura 3**, são apresentados os valores da entalpia diferencial em função dos valores da entropia diferencial de sorção, para os processos de dessorção e adsorção.

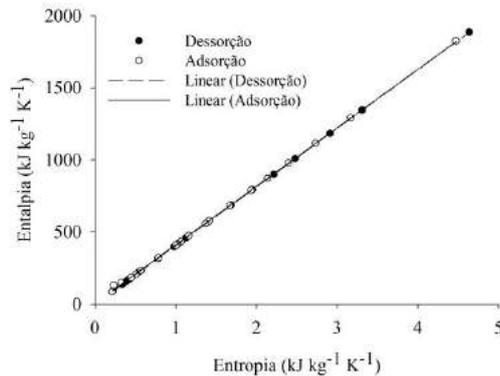


Figura 3. Relação entalpia-entropia para dessorção e adsorção da água nos grãos de arroz em casca

Observa-se, na **figura 3**, que foram exibidas relações lineares para os processos de dessorção e adsorção. Como existe um alto grau de linearidade entre os valores de entalpia diferencial (Δ_{hst}) e entropia diferencial (ΔS) de sorção, tanto para dessorção quanto para adsorção, pode-se considerar válida a teoria da compensação entalpia-entropia ou teoria isocinética para o fenômeno de sorção da água em grãos de arroz em casca.

CONCLUSÕES

Com a redução do teor de água de equilíbrio, ocorre aumento da energia necessária para retirar água do produto, representada pelos valores da entalpia diferencial de dessorção; e aumento da energia liberada pela adsorção da água no produto, representada pelos valores da entalpia diferencial de adsorção.

Com a redução do teor de água, ocorre aumento dos valores da entropia diferencial de dessorção e adsorção.

A teoria da compensação entalpia-entropia, ou teoria isocinética, pode ser satisfatoriamente aplicada ao fenômeno de sorção dos grãos de arroz em casca.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior pelo auxílio financeiro na forma de bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

AL-MUHTASEB, A. H.; MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. WATER SORPTION ISOTHERMS OF STARCH POWDERS. PART 2: THERMODYNAMIC CHARACTERISTICS. *Journal of Food Engineering*, v. 62, p. 135–142, 2004.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análises de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.

CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; SANTOS, E. S. Thermodynamic properties of agricultural products processes. In **Physical Properties of Foods: Novel Measurement Techniques and Applications** (I. Arana, ed.), CRC Press, Boca Raton, FL. 2012, p.131-141.

LIMA, C. V. S.; HOEHNE, L.; MEURER, E. J. CÁDMIO, CROMO E CHUMBO EM ARROZ COMERCIALIZADO NO RIO GRANDE DO SUL. *Ciência Rural*, v. 45, p. 2164-2167, 2015.

WANG, N.; BRENNAN, J. G. MOISTURE SORPTION ISOTHERM CHARACTERISTICS OF POTATO AT FOUR TEMPERATURES. *Journal of Food Engineering*, v. 14, p. 269-287, 1991.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DA SORÇÃO DE ÁGUA EM GRÃOS DE FEIJÃO DANIFICADO

Jaime Daniel Bustos Vanegas¹, Juliana Soares Zeymer², Fernanda Machado Baptestini³, Marcos Eduardo Viana de Araujo⁴, Paulo Cesar Corrêa⁵

¹Engenheiro Agroindustrial, Doutorando em Engenharia Agrícola – UFV. email: jdbustosv@gmail.com; ²Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola – UFV. email: juliana.zeymer@ufv.br; ³Engenheira Agrícola, Prof. Doutora da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Alegre. email: fbaptestini@yahoo.com.br; ⁴Engenheiro Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola – UFV. email: marcos.rav@hotmail.com; ⁵Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor do Departamento de Engenharia Agrícola, UFV. email: copace@ufv.br

RESUMO: Objetivou-se determinar as propriedades termodinâmicas de grãos de feijão danificados. Foram utilizados grãos com teor de água inicial de $0,5385 \text{ kg}_a \text{ kg}_{ms}^{-1}$. Parte foi utilizada para obter as isotermas de dessorção, outra, foi submetida à secagem até o teor de água de $0,0526 \text{ kg}_a \text{ kg}_{ms}^{-1}$, para que o mesmo fosse submetido ao processo de adsorção. Para a indução da danificação, foi utilizado um Stein Breakage Tester. Para obter o teor de água de equilíbrio, os grãos foram colocados em câmara climática cujas temperaturas foram de $20, 30, 40$ e $50 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ combinadas com umidades relativas de $30, 40, 50, 70$ e $90 \pm 3\%$. Na dessorção, os grãos danificados apresentaram menor calor isotérico de sorção quando comparados com a testemunha, e o inverso foi observado na adsorção. A danificação mecânica provocou a formação de um maior número de sítios disponíveis de sorção, resultando em maiores valores de entropia diferencial na adsorção e menores valores na dessorção, quando comparados com a testemunha. A teoria da compensação entalpia-entropia foi confirmada ao fenômeno de sorção dos grãos de feijão danificado, sendo os processos controlados pela entalpia.

Palavras-Chave: entalpia, entropia, equilíbrio higroscópico, *Phaseolus vulgaris L.*, teoria da compensação entalpia-entropia

INTRODUÇÃO

Limpeza, separação e secagem são as principais operações pós-colheita na qual os grãos são submetidos (Angelovic et al., 2013). É inerente destas a movimentação do produto e conseqüentemente algum tipo de danificação mecânica, que em muitos casos é tão severa que leva a morte do embrião. Em outras situações, causam impactos, abrasões, cortes ou pressões, que resultam em danos invisíveis.

Segundo Oliveira et al. (2014) o estudo da termodinâmica nos processos de secagem de produtos agrícolas é importante para projeção e dimensionamento de equipamentos em vários processos de preservação da qualidade dos mesmos, como também na compreensão das propriedades termodinâmicas que fornecem informações a respeito das trocas de energia que ocorrem de um estado de equilíbrio para outro.

Algumas propriedades termodinâmicas são utilizadas na análise do comportamento de sorção, em sistemas biológicos que incluem o calor isotérico de sorção, entropia e entalpia diferencial e teoria da compensação, que são calculadas a partir de isotermas de sorção (Thys et al. 2010).

Inúmeros são os trabalhos que investigam as propriedades termodinâmicas dos produtos agrícolas (Goneli, et al., 2013; Corrêa et al., 2015; Ascheri & Bastos, 2015), entretanto os que relacionam a danificação mecânica a estas são escassos. Assim, objetivou-se estudar as propriedades termodinâmicas de grãos de feijão danificado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Avaliação de Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (Centreinar), localizado na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Foram utilizados grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) com teor de água inicial de $0,5385 \text{ kg}_a \text{ kg}_{ms}^{-1}$. Uma parte desses grãos foi utilizada para a obtenção das isotermas de dessorção, outra, foi submetida à secagem em temperatura controlada de 40°C até o teor de água de $0,0526 \text{ kg}_a \text{ kg}_{ms}^{-1}$, para que o mesmo fosse submetido, posteriormente, ao processo de adsorção.

A indução da danificação mecânica foi feita utilizando como fonte impactadora o Stein Breakage Tester.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Para obtenção do teor de água de equilíbrio dos grãos de feijão danificado, pelos processos de desorção e adsorção, foi empregado o método dinâmico-gravimétrico (Brasil, 2009), em diferentes condições de temperatura (20, 30, 40 e 50 ± 1 °C) e umidade relativa do ar (30,40,50,70 e 90 ± 3%).

O modelo de GAB ajustou-se satisfatoriamente aos dados experimentais de equilíbrio higroscópico de grãos de feijão danificado e testemunha. As propriedades termodinâmicas do processo de sorção de água foram obtidas segundo metodologia descrita por Corrêa et al. (2012) (Eqs 1 a 4).

$$\ln a_w = \pm \left(\frac{\Delta H_{st}}{RT} - \frac{\Delta S}{R} \right) \quad (1)$$

$$\Delta H = \Delta H_{st} - \Delta H_{vap} \quad (2)$$

$$T_B = \hat{T}_B \pm t_{m-2, \alpha/2} \sqrt{V_{ar}}(T_B) \quad (3)$$

$$T_{hm} = \frac{n_t}{\sum_{i=1}^{n_t} \left(\frac{1}{T_i} \right)} \quad (4)$$

Em que: a_w - atividade de água (decimal); ΔH - calor isostérico de sorção ou entalpia (kJ kg⁻¹); R - constante universal dos gases (0,462 kJ kg⁻¹ K⁻¹); ΔH_{vap} - calor latente de vaporização de água pura (kJ kg⁻¹); ΔH_{st} - calor isostérico integral de sorção (kJ kg⁻¹); ΔS - entropia diferencial de sorção (kJ kg⁻¹ K⁻¹); T_B - temperatura isocinética (K); m - número de dados pares de entalpia e entropia; T_{hm} - temperatura harmônica média (K); e n_t - número de temperaturas utilizadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O calor isostérico integral de sorção de grãos de feijão danificado e testemunha sobre o teor de água de equilíbrio está apresentado na **figura 1**.

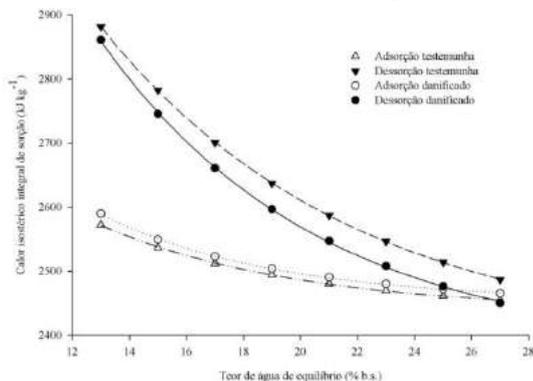


Figura 1. Calor isostérico integral de sorção de grãos de feijão danificado e testemunha em função do teor de água de equilíbrio

Analisando a **figura 1**, observa-se um aumento progressivo do calor isostérico de sorção com a redução do teor de água de equilíbrio. Al-Muhtaseb et al. (2004) afirmam que isso ocorre porque nas fases iniciais de sorção, há locais polares altamente ativos sobre a superfície do produto, o qual é coberto por moléculas de água, formando a monocamada, resultando em interações sólido-água mais fortes.

Ainda analisando a **figura 1**, observa-se que é preciso mais energia para que os grãos danificados percam água do que ganhe. A danificação expõe mais sítios de sorção disponíveis às moléculas de água, proporcionando maior número de ligações e consequentemente maior é a energia total do fenômeno.

Na **figura 2** está apresentado o comportamento da entropia diferencial de sorção de grãos de feijão danificados e testemunha em função do teor de água de equilíbrio.

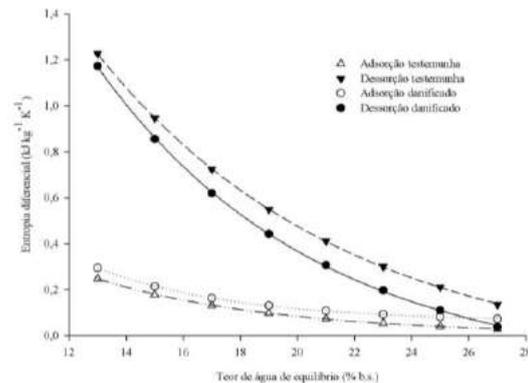


Figura 2. Entropia diferencial de grãos de feijão danificado e testemunha em função do teor de água de equilíbrio

A entropia diferencial de sorção apresentou o mesmo comportamento do calor isostérico integral de sorção (**Figura 2**). Sabe-se que a entropia de um material é proporcional a um número de sítios disponíveis de sorção a um nível específico de energia sendo, indicada para inferir sobre o estado de mobilidade das moléculas de água. Sendo assim, observa-se que as moléculas de água apresentaram maior mobilidade no processo de desorção do que no de adsorção. Ademais, constata-se tendência de redução na entropia diferencial até um valor constante em teores de água de equilíbrio elevados indicando, que o processo de sorção pode ser reversível até certo valor (Madamba et al., 1996).

A danificação mecânica, na adsorção, fez com que a entropia diferencial fosse maior em comparação a testemunha, ou seja, confirmou-se



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

um maior número de sítios disponíveis de sorção. Entretanto, na dessorção ocorreu o inverso, porque a água fortemente ligada a matriz celular limitou sua remoção e conseqüentemente a mobilidade das mesmas.

Na **figura 3** está apresentada a relação entalpia-entropia para o processo de sorção de água de grãos de feijão danificado e testemunha.

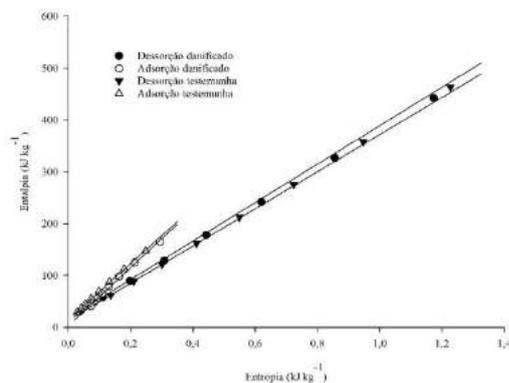


Figura 3. Compensação entalpia-entropia para o processo de sorção de água de grãos de feijão danificado e testemunha

Observa-se uma forte correlação entre as duas propriedades termodinâmicas pela linearidade das retas (**Figura 3**). Entretanto, apenas a diferença entre a temperatura harmônica média (T_{hm}) e a temperatura isocinética (T_B) permite afirmar se essa realmente existiu. Como, no presente trabalho, T_B foram maiores do que T_{hm} , confirma-se a compensação química linear e afirma-se que o mecanismo de sorção é controlado pela entalpia (Corrêa et al., 2012).

CONCLUSÕES

A energia necessária para a dessorção, representada no calor isotérico, é menor para os grãos danificados. Pelo contrário, no processo de adsorção, o calor isotérico indica uma maior demanda de energia nos grãos danificados quando comparados com a testemunha.

A danificação mecânica provocou a formação de um maior número de sítios disponíveis de sorção, resultando em maiores valores de entropia diferencial na adsorção e menores valores na dessorção, quando comparados com a testemunha.

Foi demonstrada a lei de compensação entalpia-entropia e pode-se afirmar que o mecanismo de sorção, tanto para os grãos danificados como testemunha, é controlado pela entalpia.

REFERÊNCIAS

- AL-MUHTASEB, A. H.; MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. WATER SORPTION ISOTHERMS OF STARCH POWDERS. PART 2: THERMODYNAMIC CHARACTERISTICS. *Journal of Food Engineering*, v. 62, p. 135-142, 2004.
- ANGELOVIC, M.; FIANTOKOVÁ, S.; ANGELOVIC, M. EFFECT OF MANIPULATION TECHNIQUE ON THE GRAINS QUALITY IN POST-HARVESTING LINES. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*, v. 46, p. 431-436, 2013.
- ASCHERI, D. P. R.; BASTOS, S. M. C. PROPIEDADES DE ADSORCIÓN DE AGUA DE DOS GENOTIPOS DE ARROZ ROJO. *Revista Engenharia Agrícola*, v.35, p. 134-143, 2015.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análises de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.
- CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; SANTOS, E. S. Thermodynamic properties of agricultural products processes. In **Physical Properties of Foods: Novel Measurement Techniques and Applications** (I. Arana, ed.), CRC Press, Boca Raton, FL. 2012, p.131-141.
- CORRÊA, P. C.; REIS, M. F. T.; OLIVEIRA, G. H. H.; OLIVEIRA, A. P. L. R.; BOTELHO, F. M. MOISTURE DESORPTION ISOTHERMS OF CUCUMBER SEEDS: MODELING AND THERMODYNAMIC PROPERTIES. *Journal of Seed Science*, v. 37, p. 218-225, 2015.
- GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; AFONSO JUNIOR, P. C. WATER SORPTION PROPERTIES OF COFFEE FRUITS, PULPED AND GREEN COFFEE. *Food Science and Technology*, v. 50, p. 386-391, 2013.
- MADAMBA, P. S.; DRISCOLL, R. H.; BUCKLE, K. A. ENTHALPY-ENTROPY COMPENSATION MODELS FOR SORPTION AND BROWNING OF GARLIC. *Journal of Food Engineering*, v.28, p.109-119, 1996.
- OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H.; SOUZA, K. A.; SMANIOTTO, T. A. S. PROPIEDADES TERMODINÂMICAS DAS SEMENTES DE PINHÃO-MANSO. *Bioscience Journal*, v. 30, p. 147-157, 2014.
- THYS, R. C. S.; NOREÑA, C. P. Z.; MARCZAK, L. D. F.; AIRES, A. G.; CLADERA-OLIVEIRA, F. ADSORPTION ISOTHERMS OF PINHÃO (*Araucaria angustifolia* seeds) STARCH AND THERMODYNAMIC ANALYSIS. *Journal of Food Engineering*, v.100, p.468-473, 2010.



II SIMEAA

Simposio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA NA CULTURA DA COUVE-FLOR

Lorena Barroso Guimarães¹, Reginaldo Miranda de Oliveira², Ednaldo Miranda de Oliveira³, Rubens Alves de Oliveira⁴, Pedro Maurício Oliveira Ferreira⁵, João Lucas Vieira Faria

¹Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail: lorena.barroso@ufv.br; ²Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: reginaldomoliveira@hotmail.com; ³Professor do Instituto Federal do Espírito Santo - IFES. e-mail: ednaldoufv@yahoo.com.br; ⁴ Professor do curso de Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: rubens@ufv.br; ⁵Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: pedromof28@gmail.com; ⁶Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: joaolucasvieirafaria@gmail.com;

RESUMO: A couve-flor é uma brássica bastante produzida e consumida no Brasil, cujo cultivo é dependente do suprimento adequado de água e nutrientes. Objetivou-se avaliar a eficiência do uso da água na cultura da couve-flor híbrida Barcelona CMS quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. Foram aplicados nas parcelas em cinco níveis: 0, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura (ET_c) combinadas a adubação nitrogenada nas doses: 0, 75, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹. A dose de nitrogênio e lâmina de água que proporcionaram a maior eficiência do uso da água (EUA) foram de 450 kg ha⁻¹ e zero mm, resultando em uma eficiência de 89,15 kg m⁻³. Verificou-se relação negativa entre a EUA e a lâmina de irrigação e relação positiva entre a EUA os níveis de adubação. Quanto menor a lâmina de irrigação, maior será a eficiência do uso da água independente da dose de adubação nitrogenada aplicada.

Palavras-Chave: *Brassica oleracea* L., manejo do uso de água, agricultura irrigada

INTRODUÇÃO

A couve-flor (*Brassica oleracea* L. var *botrytis* L.) é uma das brássicas mais cultivadas e consumidas no Brasil estando presente nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina (MAY et al., 2007).

Em geral, a adubação dessas culturas é feita de forma inadequada e com isso nutrientes como fósforo, nitrogênio e potássio são aplicados em quantidades maiores (TOURINHO & LIMA JÚNIOR, 2011) o que causa o aumento nos custos de produção. Por ser uma cultura de ciclo curto, a couve-flor apresenta alta demanda de nitrogênio e o seu adequado restabelecimento hídrico pode exercer efeito direto na quantidade e na qualidade da produção.

O manejo adequado da água pode ser feito utilizando de índice de eficiência de uso da água para o planejamento e a tomada de decisão da irrigação, aumentado assim a produtividade da lavoura (KARATAS et al., 2009).

Considerando a importância da cultura da couve-flor, e a ausência de informações sobre a sua exigência hídrica-nutricional, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência do uso de água na cultura submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de adubação nitrogenada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental de irrigação e drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa, MG, situada a 20°45' S e 42°51' O e com altitude de 651 m.

Mudas de couve-flor híbrida BARCELONA CMS foram transplantadas com espaçamento de 0,7 por 0,5 m no dia 14 de agosto de 2014. A unidade experimental foi constituída de 24 plantas distribuídas em 3 linhas paralelas com 8 plantas cada, apenas as 6 plantas centrais foram avaliadas.

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado no esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as lâminas de água em função da evapotranspiração da cultura (ET_c) (0; 75; 100; 125 e 150 % da ET_c), nas sub-parcelas as doses de nitrogênio (0; 75; 150; 300 e 450 kg ha⁻¹).

Foram aplicados manualmente no plantio, em linha, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 80,00 kg ha⁻¹ de K₂O; 20,00 kg ha⁻¹ de bórax; e 20,00 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco, seguido de incorporação.

A adubação nitrogenada foi feita com ureia (45% de N) parcelada em três aplicações: 20% aos 15 dias após o transplante (DAT), 40% aos 30 DAT e



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

40% aos 45 DAT. O total de 160 kg ha^{-1} de K_2O foi parcelado e aplicado simultaneamente à nitrogenada. Também foram feitas adubações com molibdênio, na forma de molibdato de sódio, aos 15 e 30 DAT, aplicado por pulverização na concentração de 1 g L^{-1} (Vidigal et al., 2007).

A cultura foi irrigada por gotejamento, com vazão real de $2,24 \text{ L h}^{-1}$ e espaçamento entre gotejadores de 0,5 m. O sistema apresentou Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) de 94,50% e intensidade de aplicação de $6,40 \text{ mm h}^{-1}$.

Foi utilizado o programa computacional REF-ET (ALLEN, 2000) para o cálculo da estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0). A demanda de água foi estimada por meio do balanço hídrico, por meio da equação 1, propostas por Mantovani et al. (2009), foi utilizada para estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c).

$$\text{ET}_c = \text{ET}_0 \times K_c \times K_L \times K_s \quad (1)$$

em que:

ET_c - evapotranspiração da cultura, em mm d^{-1} ;
 ET_0 - evapotranspiração de referência, em mm d^{-1} ;
 K_c - coeficiente da cultura, adimensional;
 K_L - coeficiente de localização, adimensional;
 K_s - coeficiente de estresse, adimensional.

No manejo da irrigação utilizou-se turno de rega de um dia, assumindo o valor de K_s igual a 1,0. O valor de K_L foi determinado por meio da equação (BERNARDO et al., 2008):

$$K_L = 0,1 \times \sqrt{P} \quad (2)$$

em que:

P - valor de percentagem de área molhada ou sombreada, a que for maior.

Para o estágio inicial da cultura foi considerada 20% da percentagem de área molhada, porém nas demais fases adotou-se o valor da área sombreada. Para os cálculos, utilizou os valores de K_c inicial, vegetativo, florescimento e maturação de 0,45; 0,80; 1,05 e 0,90, respectivamente (DOORENBOS e KASSAM, 1979).

A seis plantas centrais de cada tratamento foram colhidas enquanto a inflorescência estava firme e com uma aparência compacta, cada inflorescência foi pesada individualmente e a produção total foi estimada a partir da média do peso da parcela.

A eficiência do uso da água (EUA) foi determinada pelo quociente entre a produtividade total (kg) e o volume de água (m^3) aplicado durante o ciclo da cultura, expressa em kg m^{-3} .

Os dados foram submetidos a análises de variância de regressão. Os modelos de regressão

em função da lâmina de irrigação e da dose de adubação foram escolhidos baseados no coeficiente de determinação (R^2) e na significância dos coeficientes de regressão pelo teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentadas as lâminas de irrigação totais aplicadas em cada tratamento e as precipitações pluviais totais.

Tabela 1. Lâminas de irrigação aplicadas para os estádios da cultura

Estádio da cultura	Lâmina total de irrigação (mm)				
	0%	75%	100%	125%	150%
	ET_c	ET_c	ET_c	ET_c	ET_c
I	8,63	8,63	8,63	8,63	8,63
II	-	60,94	81,25	101,56	121,87
III	-	123,81	165,08	206,35	247,62
Total	8,63	193,38	254,96	316,54	378,12

A precipitação acumulada nos estádios I, II e III da cultura foi de 2,40, 21,20, 35,40 mm e foram realizados 11, 31 e 28 eventos de irrigação, respectivamente. Na Figura 1 estão apresentadas a equação e superfície de resposta ajustadas para EUA e o respectivo coeficiente de determinação.

$$\hat{Y} = 87,7058 - 1,3698 \times L + 0,0056 \times L^2 + 0,0032 \times D$$

$$R^2 = 0,95$$

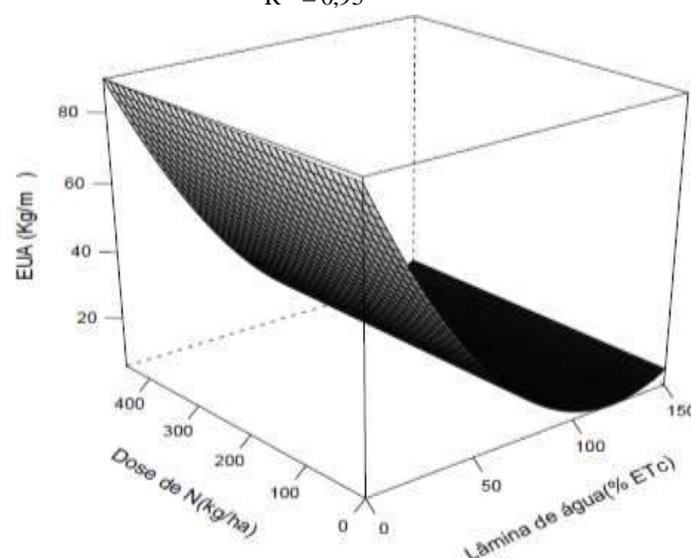


Figura 1. Superfície de resposta para eficiência no uso da água de irrigação em função de lâmina de irrigação (L) e de dose de nitrogênio (D) e o respectivo coeficiente de determinação.

Na Tabela 2 está apresentada a equação de regressão ajustada para EUA da cultura da couve-flor.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Tabela 2. Parâmetros da equação de regressão ajustada em função da lâmina de irrigação (L) e da dose de nitrogênio (D) para a eficiência do uso da água (EUA) segundo o modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 L + \beta_2 L^2 + \beta_3 D$ e respectivos graus de significância

Y	β_0	β_1	β_2	β_3
EUA	87,7058	- 1,3698 (p<0,01)	0,0056 (p<0,01)	- 0,0032 (p<0,35)

A lâmina de água e a dose de nitrogênio que proporcionaram a maior EUA (89,15 kg m⁻³) foram zero mm e 450 kg ha⁻¹. Verificou-se que existe relação negativa entre a EUA e a lâmina de irrigação e relação positiva entre a EUA os níveis de adubação, como pode ser observado na Figura 1. Tal fato foi próximo ao observado por Monteiro et al. (2008) e Barros et al. (2002), avaliando o incremento da EUA sobre vários níveis de adubação. Lopes (1989) constatou que a eficiência do uso da água aumenta com a prática da adubação, desde que a produtividade também aumente.

A eficiência de uso de água decresceu com o aumento da lâmina de água aplicada na irrigação, tal fato foi observado também por Barros et al. (2002) ao avaliar o rendimento econômico da cultura sobre vários níveis de água e de adubação nitrogenada. Estes resultados estão em conformidade com Santana et al. (2009), que reforçam que o aumento da lâmina aplicada tende a propiciar decréscimos na EUA. Segundo Oliveira et al. (2012), culturas que apresentam maior eficiência no uso da água são de suma importância quando se fala em economia dos recursos hídricos, pois as mesmas possibilitam um rendimento maior por m³ de água

A cultura da couve-flor possui uma maior eficiência no uso da água, comparado com outras espécies tais como melancia com a EUA de 24,39 kg m⁻³ (MORAIS et al., 2008) e 33,34 kg m⁻³ (OLIVEIRA et al., 2012), a alface com EUA de 14,11 kg m⁻³ (SILVA & QUEIROZ, 2013), e tomate com EUA de 62,72 kg m⁻³ (SILVA et al., 2013).

CONCLUSÕES

Quanto menor a lâmina de irrigação, maior será a eficiência do uso da água independente da dose de adubação nitrogenada aplicada.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. **REF-ET: reference evapotranspiration calculator**, Version 2.1. Idaho: Idaho University, 2000. 82p.

BARROS, V. da S.; COSTA, R. N. T.; AGUIAR, J. V. Função de produção de cultura do melão para níveis de água e adubação nitrogenada no vale do Curu - CE. **Revista Irriga**, 2002, v.7, p. 98-105.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 625p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water. Irrigation and Drainage Paper 33**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1979. 193p.

KARATAS, B. S. et al. Using satellite remote sensing to asses irrigation performance in water user associations in the Lower Gediz Basin, Turkey. **Agricultural Water Management**, 2009. p. 982-990.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA/ Potafos, 1989. 153p

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. Editora UFV, 2009. 355 p.

MAY, A et al. A cultura da couve-flor. Campinas: Instituto Agrônomo. (Série Tecnologia APTA, **Boletim Técnico IAC**, 200). 2007. 36p.

MONTEIRO, B. C. B. A.; CHARLO, H. C. O.; BRAZ, L. T. Desempenho de híbridos de couve-flor de verão em Jaboticabal. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.28, n.1, 2010. p.115-119.

MORAIS, N. B. et al. Resposta de plantas de melancia cultivadas sob diferentes níveis de água e de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, 2008. v.39, p.369-377.

OLIVEIRA, P.G.F. et al. Eficiência de uso dos fatores de produção água e potássio na cultura da melancia irrigada com água de reuso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2012. v.16, p.153-158.

SANTANA, M. J.; VIEIRA, T. A.; BARRETO, A. C. Efeitos dos níveis de reposição de água no solo na produtividade do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, 2009. v.27, p.1378-1384.

SILVA, J. M. et al. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2013. v.17, p.40-46.

SILVA, V. D.; QUEIROZ, S. O. P. Manejo de água para produção de alface em ambiente Protegido. **Revista Irriga**, 2013. v.18, p.184-199.

VIDIGAL, S. M.; PEREIRA, P. R. G. Couve-flor. In: Venzon, M; Paula Júnior, T. J. de. **101 culturas – Manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. Cap. 36, p.301-304.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Frutos de macaúba conservados por métodos combinados de secagem e ozonização

AGUIAR Pedro Lopes de¹, SILVA Gutierrez Nelson², GROSSI José Antonio Saraiva³, CARVALHO Marcela Silva⁴, GOULART Samuel de Melo⁵

¹Discentes de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsistas de Iniciação Científica do CNPq. e-mail: pedrolopes.aguiar@gmail.com; ²Professor do Curso de Agronomia - IFMA. e-mail: gutierrez.silva@ifma.edu.br; Professor do Curso de Agronomia - UFV. e-mail: jgrossi@ufv.br; ⁴Estudante de Doutorado em Engenharia Agrícola – UFV e professora do IFMA. e-mail: marcela.carvalho@ifma.edu.br; ⁵Estudante de Doutorado em Fitotecnia - UFV. e-mail: samuel.goulart@ufv.br;

RESUMO: Objetivou-se com este estudo, avaliar o efeito do uso combinado da secagem e ozonização na qualidade do óleo de frutos de macaúba visando à produção de biodiesel. Após a colheita os frutos foram armazenados durante 20 dias, e após esse período, procedeu-se a secagem na temperatura de 60 °C, até atingir 25% (b.s.). Após a secagem, os frutos foram submetidos a ozonização (concentração de 2 mg L⁻¹, durante 120 min) em uma única aplicação ou aplicações parceladas. Após o processo de secagem e ozonização, os frutos foram armazenados em diferentes épocas de armazenamento (0, 15, 45, 100 e 180 dias). Observou-se incremento no IA do óleo, com o aumento do período de armazenamento para todos os tratamentos. No período de armazenamento de 15 dias, todos os tratamentos apresentaram valores médios de índice de acidez do óleo inferiores a 1,88%, exceto a testemunha. Com o aumento no período de armazenamento dos frutos, notou-se elevação no teor de água no óleo para todos os tratamentos, sendo o maior incremento observado no tratamento controle. Conclui-se que o uso combinado de secagem e ozonização foi eficiente para manter a qualidade do óleo do mesocarpo de frutos de macaúba por até 15 dias, para fins de produção de biodiesel.

Palavras-Chave: *Acrocomia aculeata*, biodiesel, ozônio, pós-colheita, secagem.

INTRODUÇÃO

Os frutos da macaúba (*Acrocomia aculeata*) pode ser usado para a produção de biodiesel (Teixeira et al., 2017). Durante o período pós-colheita, o fruto de macaúba pode apresentar diversas transformações, propiciando, assim, condições favoráveis para a ocorrência de microrganismos.

Deste modo, torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisas que visem combinar processos de redução do teor de água dos frutos, juntamente com tecnologias que possam inibir o

desenvolvimento de microrganismos. Dentro deste contexto, uma estratégia seria o uso combinado da secagem e ozonização. A secagem é o principal método de conservação de produtos agrícolas. O ozônio tem sido amplamente utilizado na indústria de alimentos, sendo considerado um agente antimicrobiano de amplo espectro (Cullen et al., 2010).

Não há informações disponíveis na literatura sobre o efeito combinado da secagem e ozonização na qualidade dos frutos de macaúba. Nesse sentido, objetivou-se com este estudo, avaliar o efeito do uso combinado da secagem e da ozonização na qualidade do óleo de frutos de macaúba visando à produção de biodiesel.

MATERIAL E MÉTODOS

Colheita dos frutos e local de estudo

Os frutos de macaúba foram coletados no município de Acaiaca, MG, Brasil.

Frutos de macaúba recém-colhidos foram armazenados em laboratório durante 20 dias. Após o período de repouso, o epicarpo dos frutos (casca) foi retirado manualmente, e em seguida, os frutos foram submetidos aos tratamentos de secagem e ozonização.

Secagem dos frutos

A secagem dos frutos de macaúba foi realizada em uma unidade condicionadora de atmosfera. O fluxo de ar mantido constante em torno de 4 m³ min⁻¹ m⁻². A secagem dos frutos de macaúba foi realizada na condição de ar de secagem de 60 °C e 14,95% de temperatura e umidade relativa, respectivamente, até atingir o teor de água de 25% (b.s.).

Ozonização dos frutos

O gás foi obtido por meio de um gerador de ozônio. As ozonizações foram realizadas em uma câmara de acrílico, com as dimensões [0,32 m x 0,53 m x 0,44 m (0,075 m³)].



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Os frutos foram submetidos a ozonização (concentração de 2 mg L⁻¹, durante 120 mim) em uma única aplicação ou aplicações parceladas. O gás ozônio foi aplicado em fluxo contínuo de 1,5 L min⁻¹. Para os tratamentos onde a aplicação de ozônio foi parcelada, o intervalo de cada aplicação foi de três dias.

Delineamento experimental e análises estatísticas

Tabela 1. Tratamentos utilizados nos ensaios de métodos combinados.

Tratamentos	Métodos			
	Secagem T (°C) e UR (%)	Ozonização		
		C (mg L ⁻¹)	PE (mim)	NA
Testemunha (T ₁)	-	-	-	-
Secagem (T ₂)	60 e 14,95	-	-	-
Secagem + 1-ozônio (T ₃)	60 e 14,95	2,0	120	1
Secagem + 2-ozônio (T ₄)	60 e 14,95	1,0	60	2
Secagem + 4-ozônio (T ₅)	60 e 14,95	0,5	30	4

C: concentração; PE: período de exposição; NA: número de aplicações do ozônio. O intervalo de cada aplicação foi de três dias.

Após o processo de secagem e ozonização, os frutos de todos os tratamentos foram armazenados (PA) durante 0, 15, 45, 100 e 180 dias. Cada unidade amostral foi constituída por 15 frutos. Para cada tratamento foram utilizadas quatro repetições.

O experimento foi instalado em esquema de parcela subdividida, tendo nas parcelas os tratamentos (T1, T2, T3, T4 e T5) e nas subparcelas os períodos de armazenamento (0, 15, 45, 100 e 180 dias), no delineamento inteiramente casualizado (DIC).

Os dados foram submetidos à análise de regressão. Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t”, no coeficiente de determinação (R²) e no fenômeno biológico.

Análise físico-química

Foram realizadas análises de teor de água no óleo do mesocarpo (TA), que foi mensurado com base na norma ASTM D 6304, por meio de um titulador automático modelo 870 KF Titrimolus-Metrom e índice de acidez do óleo (IA), que foi determinado de acordo com o método de Ca 5a-40,35.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de regressão dos dados permitiu o ajuste da equação para o IA do óleo do mesocarpo nos diferentes tratamentos, em função do período de armazenamento (**Figura 1A, Tabela 1**). Observou-se incremento no IA do óleo, com o aumento do PA para todos os tratamentos. Ressalta-se ainda que esse

aumento foi mais acentuado na testemunha (T1). O aumento considerável da acidez no T1 durante o período de armazenamento está associado, provavelmente, aos microrganismos. Resultados análogos foram relatados por Evaristo et al. (2016) que observaram aumento no IA de frutos de macaúba armazenados com o incremento do período de armazenamento.

Vale destacar que, no PA = 15, todos os tratamentos apresentaram valores médios de IA inferiores a 1,88%, exceto o T1. No Brasil, o limite de acidez para o biodiesel é de 1,88%. Desta forma, o uso da secagem ou uso combinado da secagem e ozonização manteve o IA do óleo do mesocarpo em níveis satisfatório para sua utilização como matéria-prima para produção de biodiesel.

Apresenta-se, na **Figura 1B e Tabela 1**, as curvas de regressão que descrevem o comportamento do TA no óleo ao longo do armazenamento. Com o aumento no período de armazenamento dos frutos, notou-se elevação no TA para todos os tratamentos, sendo o maior incremento observado no T1. As normas brasileiras e europeias de limites de teor de água no biodiesel estabelecem no máximo 0,05% de TA no biodiesel. Esse valor médio foi constatado apenas no T2 e T3 até o PA = 15 dias.

CONCLUSÕES

O uso combinado de secagem e ozonização foi eficiente para manter a qualidade do óleo do mesocarpo de frutos de macaúba por até 15 dias de armazenamento, para fins de produção de biodiesel.

REFERÊNCIAS

- ANP (agência nacional do petróleo, gás natural e biocombustíveis). number 7 biodiesel standard. in: national agency of petroleum. **nATURAL gAS AND bIOFUELS**, BRAZIL, 2008.
- CULLEN, P. J.; VALDRAMIDIS, V. P.; TIWARI, B. K.; PATIL, S.; BOURKE, P. ozone processing for food preservation: an overview on fruit juice treatments. **oZONE: sCIENCE & eNGINEERING**, V. 32, P. 166-179, 2010.
- EVARISTO, A. B., GROSSI, A. S.; PIMENTEL, L. D.; GOULART, S. M.; MARTINS, A. D.; SANTOS, V. L.; MOTOIKE, S. harvest and post-harvest conditions influencing macauba (*aCROCOMIA ACULEATA*) oil quality attributes. **iNDUSTRIAL cROPS AND pRODUCTS**, V. 85, P. 63-73, 2016.
- TEIXEIRAS, D. A.; MOTTA, C. R.; RIBEIRO, C. M. S.; CASTRO, A. L. a rapid enzyme-catalyzed pretreatment of the acidic oil of macauba (*aCROCOMIA ACULEATA*) for chemoenzymatic biodiesel production. **pROCESS bIOCHEMISTRY**, V. 53, P. 188-193, 2017.



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

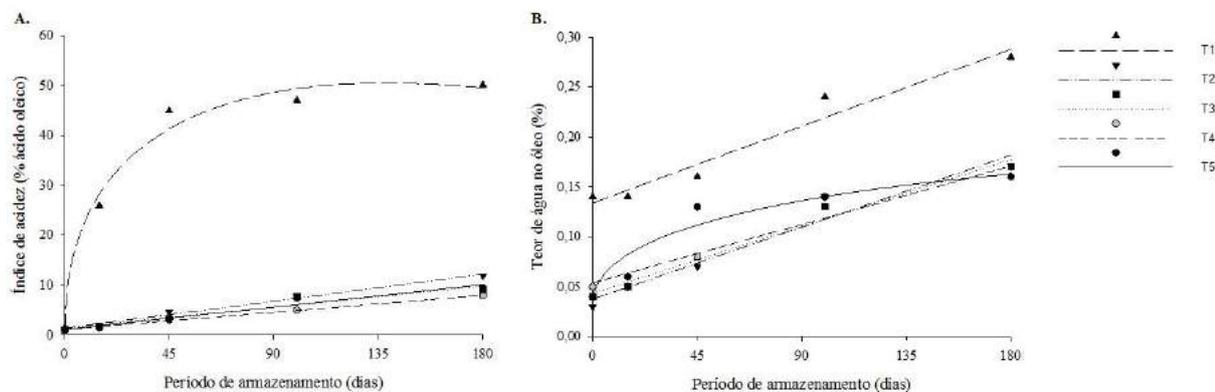


Figura 1. Índice de acidez (A) e teor de água no óleo (B) do mesocarpo de frutos de macaúba expostos aos diferentes tratamentos ao longo do armazenamento (0, 14, 45, 100 e 180 dias).

Tabela 1. Equação de regressão ajustada e seu respectivo coeficiente de determinação (R^2), para o teor de óleo, índice de acidez, teor de água no óleo e estabilidade oxidativa, em função dos diferentes tratamentos.

Variável	Tratamento	Equações ajustadas	R^2
Índice de acidez	T ₁	$\hat{y} = 1,0138 - 0,3564^*x + 8,3918^*x^{1/2}$	0,98
	T ₂	$\hat{y} = 1,3366 + 0,0604^{**}x$	0,98
	T ₃	$\hat{y} = 1,3235 + 0,0473^{**}x$	0,93
	T ₄	$\hat{y} = 1,0842 + 0,0383^{**}x$	0,99
	T ₅	$\hat{y} = 1,0932 + 0,0501^{**}x$	0,95
Teor de água no óleo	T ₁	$\hat{y} = 0,1338 + 0,0009^{**}x$	0,95
	T ₂	$\hat{y} = 0,0376 + 0,0008^{**}x$	0,95
	T ₃	$\hat{y} = 0,0435 + 0,0007^{**}x$	0,97
	T ₄	$\hat{y} = 0,0538 + 0,0006^{**}x$	0,93
	T ₅	$\hat{y} = 0,0334 - 0,0003^{ns}x + 0,0137^{ns}x^{1/2}$	0,92

*Significativo a 5%, ** significativo a 1% e ns não significativo pelo test t. *** T1: testemunha; T2: secagem; T3: secagem + uma aplicação do gás ozônio; T4: secagem + duas aplicações do gás ozônio e T5: secagem + três aplicações do gás ozônio.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO QUÍMICA DE AMÊNDOA DE MACAÚBA APÓS SECAGEM EM DIFERENTES TEMPERATURAS

Pedro Lopes de Aguiar¹, Paulo Cesar Correa², Marcela Silva Carvalho³, Gutierrez Nelson Silva⁴, Samuel de Melo Goulart⁵, Marta Cristina Silva Carvalho⁶

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. e-mail: pedrolopes.aguiar@gmail.com; ²Professor do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: copace@ufv.br; ³ Discente de Doutorado em Engenharia Agrícola – UFV e professora do curso de Zootecnia - IFMA. e-mail: marcela.carvalho@ifma.edu.br; ⁴Professor do Curso de Agronomia - IFMA. e-mail: gutierrez.silva@ifma.edu.br; ⁵ Discente de Doutorado em Fitotecnia - UFV. e-mail: samuel.goulart@ufv.br; ⁶Professora do curso de Engenharia Ambiental - UNEB. e-mail: temarta17@yahoo.com.br

RESUMO: O fruto da macaúba fornece óleos que possuem grande potencial econômico, destacando-se sua utilização para síntese de biodiesel. Sua produção atualmente convive com a necessidade de se estabelecer, criar suas rotas e se expandir, por meio da definição de métodos que possibilitem a armazenagem do produto. Neste contexto a secagem se faz importantíssima. Logo, objetivou-se o estudo e análise das características físico químicas das amêndoas de macaúba após secagem (Controle, 40, 50 e 60°C), analisados após diferentes tempos de armazenamento (0, 60, 120, 240 e 360 dias). Ao final de cada período de armazenamento foram avaliadas as variáveis: estabilidade à oxidação; índice de acidez; e teor de óleo. A estabilidade oxidativa do óleo da amêndoa decresceu em todos os tratamentos, já os valores médios de teor de óleo na amêndoa de macaúba variaram de 41,88% – 58,85% base seca.

Palavras-Chave: armazenamento, biodiesel, óleo

INTRODUÇÃO

A inserção de novas espécies oleaginosas não comestíveis, perenes, com elevada produtividade, além de tornar matéria-prima para a produção de biodiesel com maior sustentabilidade. Neste contexto, destaca-se a palmeira macaúba como uma promissora oleaginosa (Teixeira et al., 2017).

A macaúba tem altas concentrações de óleo no mesocarpo e na amêndoa, sendo estes de grande importância para a indústria e para o setor energético (Motoike & Kuki 2009).

O desenvolvimento da cadeia produtiva deste fruto relaciona-se diretamente ao conhecimento dos efeitos do sistema de armazenamento e tempo de secagem na qualidade do óleo extraído, permitindo a definição de melhores condições para manter a qualidade dos frutos e do óleo por maior tempo durante o armazenamento, podendo oferecer um

óleo de qualidade e maior valor agregado ao mercado (Almeida, 2014).

A redução da quantidade de água disponível até níveis seguros para armazenagem leva à diminuição da atividade de água, do desenvolvimento de microrganismos e, conseqüentemente, da velocidade de ocorrência de reações químicas de degradação do produto (Goneli et al., 2007).

A secagem das amêndoas também é importante para possibilitar o armazenamento destas. No entanto, ainda são incipientes os conhecimentos sobre o processamento adequado, junto as condições de secagem e os efeitos desta sobre a qualidade do óleo e nutrientes da amêndoa. Logo, objetivou-se com este estudo analisar as características físico química das amêndoas de macaúba por um período de 360 dias de armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Logo após a colheita os frutos foram armazenados por 20 dias em temperatura ambiente, e logo após ocorreu a quebra do epicarpo e o despulpamento dos frutos com auxílio de uma máquina despulpadora. Logo em seguida realizou-se o rompimento do endocarpo do fruto utilizando-se uma morsa.

As amêndoas foram levadas a estufa para a secagem em diferentes temperaturas (controle, 40, 50 e 60°C) até atingir entre 4 e 5% umidade b.u. Após a secagem as amêndoas foram armazenadas por períodos de 0, 60, 120 e 240 e 360 dias (PA). Após cada período foram realizadas as análises. Para extração do óleo das amêndoas foi utilizada prensa hidráulica.

Foram avaliadas as seguintes análises: estabilidade oxidativa (EO), índice de acidez (IA) e teor de óleo (TO).

O experimento foi montado em esquema de parcela subdividida, tendo nas parcelas o fatorial



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

tratamento (com e sem secagem) e nas subparcelas as épocas de avaliações, no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados foram submetidos a análise de regressão. Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t”, no coeficiente de determinação (R^2) e no fenômeno biológico. Usou-se estatística descritiva para os resultados que não foram verificados essas exigências.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de regressão que descrevem o comportamento de EO do óleo oriundo de amêndoa nos diferentes tratamentos, após 360 dias de armazenamento, são apresentadas na **figura 1 e tabela 1**. Verifica-se redução da EO do óleo da amêndoa ao longo do armazenamento em todos os tratamentos.

Os menores valores médios de EO do óleo oriundo da amêndoa ao longo do armazenamento observados no tratamento controle (sem secagem) são devidos, provavelmente, a maior quantidade de água presente na amêndoa, tendo como consequência, maior ataque microbiano, sendo assim, redução na estabilidade do óleo. Os resultados indicam que é possível manter a EO do óleo em valores aceitáveis (> 6 h) para indústria de biodiesel quando utiliza-se secagem para preservação da qualidade durante o armazenamento de frutos de macaúba. O tempo de indução mínimo à perda da estabilidade oxidativa do biodiesel é estabelecido como sendo 6,0 h (ANP, 2010).

Observa-se na **figura 1 e tabela 1**, que o aumento no período de armazenamento dos frutos de macaúba, notou-se, em geral, elevação no IA no óleo da amêndoa para todos os tratamentos (controle e secagem), sendo o maior incremento observado no tratamento sem secagem (controle). Martins (2013) ao avaliar a influência da secagem no óleo oriundo da amêndoa de frutos de macaúba, também observou, em geral, incremento nessa variável ao longo do armazenamento.

O aumento considerável no IA no óleo da amêndoa durante o período de armazenamento das amêndoas observado no tratamento controle pode ser associado ao alto teor de umidade dos frutos nesse tratamento. Sob tais circunstâncias, ocorre elevada infestação por microrganismos.

Os valores médios TO variaram de 41,88% – 58,85% (b.s.), independentemente do PA em todos os tratamentos (controle e secagem) (**figura 2**). Resultado análogo foi observado por Martins (2013), que também verificaram que a exposição em diferentes temperaturas de secagem (45°C e 65°C)

afetou o TO da amêndoa de frutos de macaúba durante o armazenamento de até 120 dias.

CONCLUSÕES

O uso da secagem preservou por mais tempo a qualidade do óleo da amêndoa. A temperatura de 40 °C preservou por mais tempo as características do óleo, comparado as demais temperaturas. A técnica de secagem de amêndoas de macaúba pode tornar-se uma alternativa viável na pós-colheita desse produto para fins industriais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade e forças medidas, permitindo a realização deste projeto. Agradeço ao Prof. Paulo Cesar Correa pela orientação e ensinamentos, a Marcela pela enorme atenção, paciência e amizade ao Samuel que abriu as portas do laboratório da fitotecnia sendo um excelente anfitrião e o CNPQ pela bolsa concedida.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. H. L. de. **Desenvolvimento, acúmulo de óleo e armazenamento de frutos da Macaúba**. 2014. Dissertação mestrado - Universidade Estadual de Montes Claros - Unimontes, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. 2014.

ANP. **RESOLUÇÃO ANP Nº 4**. 2010. Disponível em: < [http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2010/fevereiro/ranp%204%20-%202010.xml?f=templates\\$fn=document-frame.htm\\$3.0\\$q=\\$x](http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2010/fevereiro/ranp%204%20-%202010.xml?f=templates$fn=document-frame.htm$3.0$q=$x). >. Acesso em: 02/02/2014.

GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; REIS NETO, S. A. D. Estudo da difusão de umidade em grãos de trigo durante a secagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 135-140, 2007.

MARTINS A. D. **Radiação gama e secagem na conservação da qualidade do óleo de frutos de macaúba**. 2013. Tese de Doutorado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 89 p. 2013.

MOTOIKE, S.; KUKI, K. The Potential of Macaw Palm (*Acrocomia aculeate*) as Source of Biodiesel in Brazil. **International Review of Chemical Engineering-Rapid Communications**, v. 1, n. 6, 2009.

TEIXEIRA, D. A., DA MOTTA, C. R., RIBEIRO, C. M. S., DE CASTRO, A. M. A rapid enzyme-catalyzed pretreatment of the acidic oil of macauba (*Acrocomia aculeata*) for chemoenzymatic biodiesel production. **Process Biochemistry**, 53, 188-193. 2017.



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

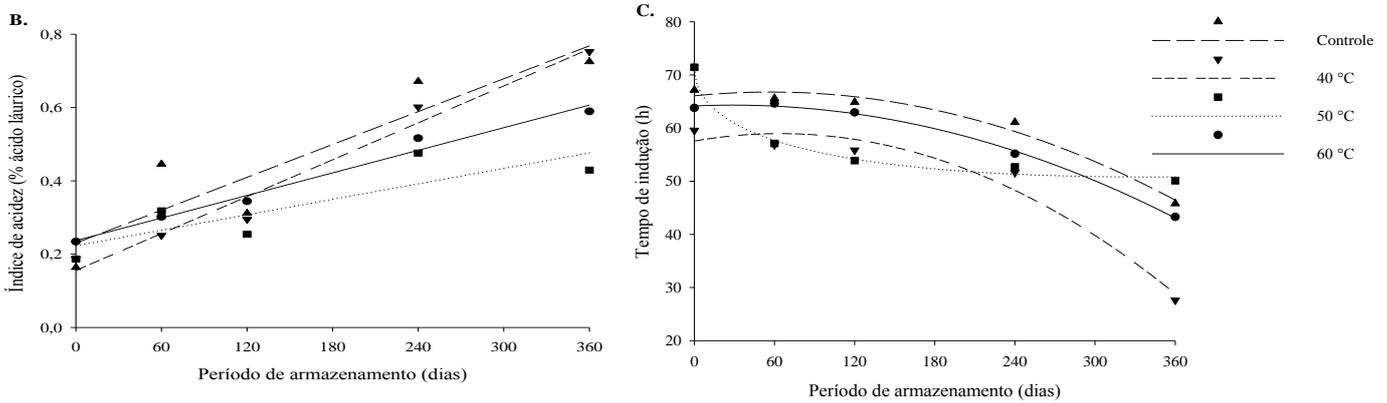


Figura 1. Índice de acidez do óleo (B) e estabilidade oxidativa do óleo (C) da amêndoa de frutos de macaúba expostos aos diferentes tratamentos com secagem (controle, 40, 50 e 60 °C) ao longo do armazenamento (0, 60, 120, 240 e 360 dias).

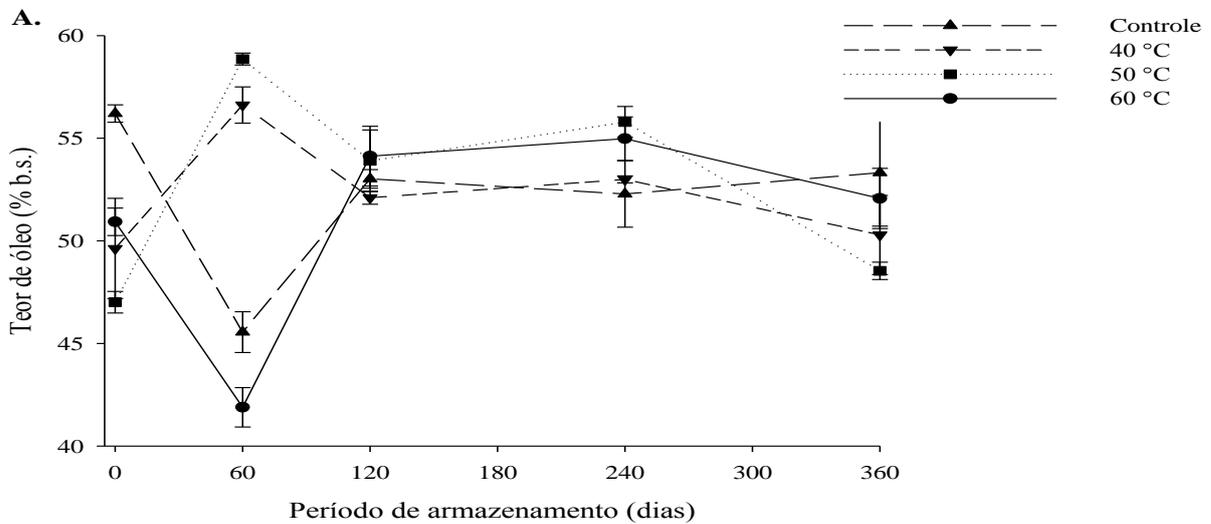


Figura 2. Teor de óleo da amêndoa de frutos de macaúba expostos aos diferentes tratamentos com secagem (controle, 40, 50 e 60 °C) ao longo do armazenamento (0, 60, 120, 240 e 360 dias).

Tabela 3. Equação de regressão ajustada e seu respectivo coeficiente de determinação (R^2), para o índice de acidez e estabilidade oxidativa, em função dos diferentes tratamentos.

Variável	Tratamento	Equações ajustadas	R^2
Índice de acidez	Controle	$\hat{y} = 0,2304 + 0,0015^{\circ}x$	0,82
	40 °C	$\hat{y} = 0,1556 + 0,0017^{**}x$	0,96
	50 °C	$\hat{y} = 0,2233 + 0,0007^{\circ}x$	0,71
	60 °C	$\hat{y} = 0,2371 + 0,0010^{**}x$	0,97
Estabilidade oxidativa	Controle	$\hat{y} = 66,0731 + 0,0250x - 0,0002^{\circ}x^2$	0,97
	40 °C	$\hat{y} = 57,5642 + 0,0437x + 0,0003^{\circ}x^2$	0,96
	50 °C	$\hat{y} = 71,2413 + 0,0601x - 2,2158^{\circ}x^{1/2}$	0,99
	60 °C	$\hat{y} = 64,1585 + 0,0111x - 0,0002^{\circ}x^2$	0,99

*Significativo a 5%, ** significativo a 1%, ° significativo a 10% pelo test t.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

CORRELAÇÃO ENTRE TURBIDEZ E SÓLIDOS SUSPENSOS NAS SUB-BACIAS DOS RIOS PIRANGA E PIRACICABA

SILVIA HELENA G. FERREIRA¹, ALISSON C. BORGES²

¹ Graduanda de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Viçosa, (31)999847688, silvia.goncalves@ufv.br

² Professor no Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, (31)975152266, borges@ufv.br

RESUMO: Um parâmetro importante para a análise da qualidade da água é a turbidez. Esta representa a redução da transparência da água devido a presença de materiais em suspensão. Sabendo da relação entre os sólidos presentes na água e a turbidez, e sabendo ainda que a análise da turbidez se processa de forma mais rápida e com menor custo, teve-se por objetivo a busca de uma relação entre a concentração de sólidos suspensos totais e turbidez. Foram utilizados dados de monitoramento da turbidez e de sólidos suspensos totais do Projeto Águas de Minas do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). Analisaram-se as bacias do rio Piranga e Piracicaba no decorrer dos anos de 1997 a 2014. Com estas informações, procedeu-se a simulação de cenários considerando episódios de valores médios nos períodos de cheia e seca das duas bacias. Como resultados parciais verificaram-se melhores ajustes quando as médias foram tomadas ponto a ponto, obtendo um coeficiente de determinação (R^2) de 0,84 para o período de seca sendo a equação obtida: $Turbidez = 0,811x + 4,413$, onde x é o valor médio de sólidos em suspensão no ponto, e no período de cheia o R^2 obtido foi 0,68, sendo a equação: $Turbidez = 1,169x - 2,611$.

PALAVRAS-CHAVE: parâmetros de qualidade, qualidade da água, tratamento da água

INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais, a água é o mais importante em todos os aspectos, considerado limitante para existência e desenvolvimento de vida no planeta terra, seu excesso causa inundações e calamidades ambientais e sua escassez provoca fome e miséria (Paz et al., 2000). O ciclo hidrológico está diretamente associado ao comportamento natural da água, no que diz respeito a sua

ocorrência, transformações e relações com o ambiente (Lorenzon, 2011). Nesse contexto, torna-se essencial o monitoramento hidrológico e climático para avaliação do comportamento de cada variável deste ciclo.

As características da água variam de acordo com o seu local de origem bem como das interações homem-ambiente. As avaliações dessas características servem para mensurar os índices de qualidade da água, que podem ser de ordem física, química e biológica, e sua quantificação serve para avaliar as características desejáveis na água, em função dos usos preponderantes estabelecidos por normas definidas pela sociedade (Fay & Silva, 2006).

Um parâmetro importante para a análise da qualidade da água é a turbidez. Esta representa a redução da transparência da água devido a presença de materiais em suspensão. Isto é, a turbidez representa uma fração dos sólidos que estão presentes na água: os sólidos suspensos. A presença de tal tipo de sólido altera as propriedades ópticas da água podendo acarretar problemas. A redução da atividade fotossintética devido ao impedimento da passagem de raios solares é um dos principais problemas causados, visto que, com a baixa fotossíntese ocorre redução do oxigênio dissolvido na água que, por sua vez, é essencial à sobrevivência de organismos aquáticos.

Diante disso, este trabalho teve por finalidade encontrar uma correlação entre turbidez e sólidos suspensos para as subbacias do Rio Paranaíba e Rio Piranga.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se dados de monitoramento de turbidez e de sólidos suspensos totais do Projeto Águas de Minas do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), obtidos no Portal InfoHidro. Foram



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

analisadas as bacias do rio Piranga e Piracicaba no decorrer dos anos de 1997 a 2014. Primeiramente os dados foram tratados de forma a excluir dados atípicos. Com estas informações já processadas, procedeu-se a simulação de cenários considerando episódios de valores médios nos períodos de cheia e seca para cada bacia, e considerando todos os dados em conjunto. Os valores médios utilizados foram médias dos valores de cada estação para cada período.

Analisou-se para qual método foi encontrado um maior valor de R^2 (coeficiente de determinação), e utilizou-se a equação que melhor correlacionava os dois parâmetros de qualidade da água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 abaixo mostra a relação entre os dados de turbidez e sólidos suspensos para os rios Piranga e Piracicaba no período de cheia:

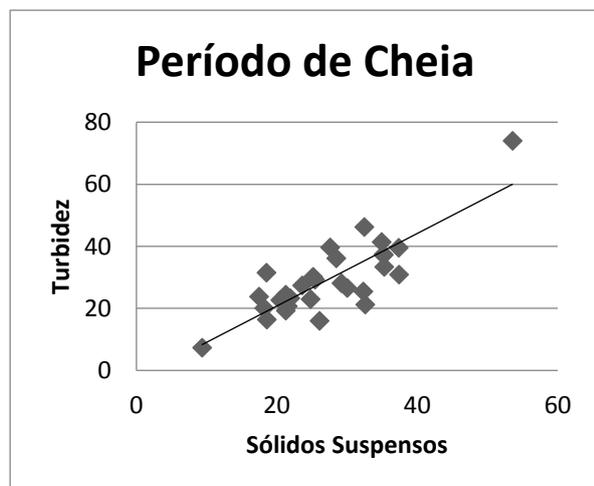


Figura 1. Relação entre dados de turbidez e sólidos suspensos para o período de cheia.

A partir dos dados compilados no gráfico, fez-se a análise da melhor reta visual e a partir dela encontrou-se uma equação que melhor relacionava as duas variáveis. Para o período de cheia, a equação encontrada foi:

$$y = 1,169x - 2,611 \quad (1)$$

Em que:

y – concentração de turbidez, NTU

x – concentração de sólidos suspensos, g L⁻¹

Essa equação apresentou coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,682.

A figura 2 abaixo expressa a relação entre os mesmos parâmetros para o período de seca.

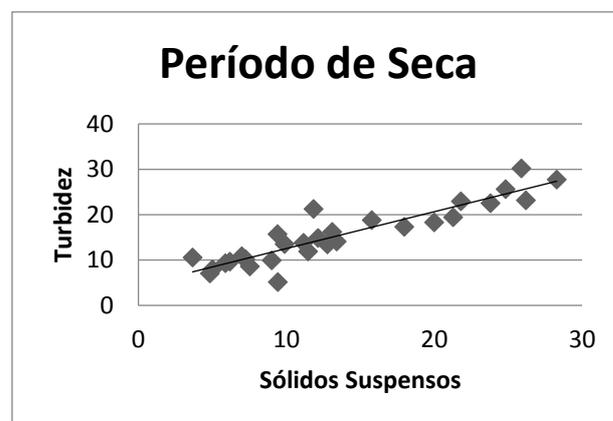


Figura 2. Relação entre dados de turbidez e sólidos suspensos para o período de seca.

A partir da análise do gráfico pode-se também encontrar uma equação que melhor representasse a correlação entre as concentrações de turbidez e sólidos suspensos. A equação encontrada foi:

$$y = 0,811x + 4,413 \quad (2)$$

Em que:

y – concentração de turbidez, NTU

x – concentração de sólidos suspensos, g L⁻¹

Essa equação apresentou $R^2 = 0,839$.

CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o trabalho conclui-se que: as análises feitas para relacionar os parâmetros de qualidade da água turbidez e sólidos suspensos mostram que pode-se correlacionar essas duas variáveis de forma a minimizar os gastos e tempo para quantificação da concentração de sólidos suspensos, uma vez que a concentração de turbidez é mais facilmente encontrada. As equações encontradas podem ser utilizadas para estimar esses valores apenas para as sub-bacias do



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Rio Doce, Rio Piranga e Rio Piracicaba. Sendo
elas $y = 1,169x - 2,611$ para o período de cheia, e
 $y = 0,811x + 4,413$ para o período de seca.

Cabe a esse trabalho mais estudos no que se diz
respeito a outras bacias.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Engenharia Agrícola, pelo
apoio dos professores e funcionários para o
desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

LORENZON, A. S. **Processos hidrológicos em um fragmento de floresta estacional semidecidual no município de Viçosa, MG.** 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa-MG.

FAY, E. F.; SILVA, C. M. M. S. **Índice de uso sustentável da água (ISA – Água) na região do sub - médio São Francisco.** 1. ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.p. 157.

PAZ, V. P. da; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente.** Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.4, n.3, p.465 – 475, set./dez. 2000.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO EM BIODIGESTORES

Roberto Freire Ferraz Passos¹, Gabriela de Barros Cruz², Marina Marinho³, Gabriela Felisberto⁴, Lucas Mendes Ávila⁵, Heytor Arantes⁶, Nathalia Oliveira⁷, Weverton Zortea⁸, André Rosa⁹

¹Discente de graduação em Engenharia Elétrica – UFV, e-mail: robertofreireferrazpassos@gmail.com; ²Discente de graduação em Agronomia, e-mail: gabriela.cruz@ufv.br; ³Discente de graduação em Engenharia Química - UFV, e-mail: marinaalvesmarinho@gmail.com; ⁴Discente de graduação em Engenharia Química - UFV, e-mail: gabrielasantos.ufv@gmail.com; ⁵Discente de graduação em Engenharia Elétrica – UFV, e-mail: lucas.m.avila@ufv.br; ⁶Discente de graduação em Engenharia Química, e-mail: heytor.frauches@ufv.br; ⁷Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, e-mail: nathaliaoliveira.eaa@gmail.com; ⁸Discente de graduação em Engenharia Elétrica, e-mail: wevertonz@hotmail.com; ⁹Professor do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV, e-mail: andrerosa@ufv.br

RESUMO: O digestor anaeróbico é um sistema destinado à produção de biogás e biofertilizante a partir de resíduos orgânicos. Sua eficiência na produção do biogás depende de diversas variáveis como temperatura interna, vazão de dejetos, características físico-químicas do afluente (pH, teor de matéria orgânica, quantidade de sólidos presentes), vazão de biogás. O presente trabalho tem como objetivo implantar um sistema para monitoramento e armazenamento de diversas variáveis que influenciam a eficiência dos biodigestores. É de vital importância que os dados gerados sejam armazenados para servirem de objeto de estudos futuramente. Para a implantação do sistema, foram utilizados equipamentos de instrumentação, Controlador Lógico Programável (CLP) e outros equipamentos de rede. Assim, é possível monitorar a atividade dos biodigestores via internet e armazenar as variáveis em tempo real via Excel e por coleta via software próprio do CLP. Futuramente serão adicionados novos sensores para ampliar as análises. Por quedas da internet e energia, houve falhas no armazenamento em tempo real sendo as coletas feitas via internet também semanalmente o meio mais confiável. Como os biodigestores estão localizados em zona rural, a qualidade da energia é instável, portanto, é importante a presença de nobreak.

Palavras-Chave: Eficiência energética, Monitoramento via internet, Suinoculturas

INTRODUÇÃO

A Zona da Mata é o segundo maior polo suinocultor de Minas Gerais, produzindo cerca de 20% de toda a carne suína do estado (ABCS, 2016). O método de tratamento de dejetos mais utilizado na

região são os biodigestores, que além de tratar os resíduos também permitem o aproveitamento do biogás gerado durante a digestão anaeróbia.

O processo de biodigestão anaeróbia produz gás metano (CH₄), principal componente do biogás, e biofertilizante, como subproduto. O gás metano é o combustível utilizado no moto gerador para produzir energia elétrica, que pode ser utilizada tanto na granja como ser conectada à rede elétrica. Esta última forma é vantajosa uma vez que a produção excedente de energia elétrica poderá ser abatida futuramente nas contas de energia.

Diversos fatores podem influenciar as características e quantidade do biogás produzido, portanto, para analisar a eficiência do biodigestor é preciso obter dados como temperatura interna e externa ao biodigestor, características e composição do afluente e do efluente, vazão de dejetos, vazão de biogás produzido, composição do biogás, pressão, entre outros.

Sendo assim, o sistema em rede criado tem como objetivos monitorar e armazenar, não apenas as variáveis referentes aos processos de biodigestão descritas acima, como também as variáveis referentes à geração de energia elétrica e coletadas pelo controlador do moto gerador. Para isso, o sistema deve operar de forma ininterrupta.

MATERIAL E MÉTODOS

Os biodigestores que estão sendo monitorados, estão localizados em uma suinocultura na cidade de Texeiras – MG e possuem a conformação em paralelo.

O sistema de monitoramento é bastante complexo, sendo possível dividi-lo em: sistema do biodigestor, sistema do moto gerador e comunicação via internet.

No



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

sistema do biodigestor estão presentes sensores de temperatura do solo, do ambiente, interna aos biodigestores, do efluente e do afluente. Nesse sistema, também estão inclusas as medições de pH e teor de metano do biogás, que são feitas manualmente pelos estagiários do Centro de Conhecimento em Bioenergia – UFV (CCBioenergia) por meio de análises químicas.

Os sensores estão conectados ao CLP, módulo de aquisição e registro de dados – FieldLogger. Assim, todos esses dados são armazenados internamente. A comunicação via internet foi habilitada para acesso, configuração e coleta remotos no CCBioenergia.

O motogerador possui um controlador para manter a produção de energia elétrica dentro dos padrões de energia da CEMIG, basicamente, tensão 127 (V) e 60 (Hz). O controlador e o CLP possuem comunicações seriais e assim podem comunicar entre si. A **figura 1** ilustra uma visão esquemática do mapa de rede da granja.

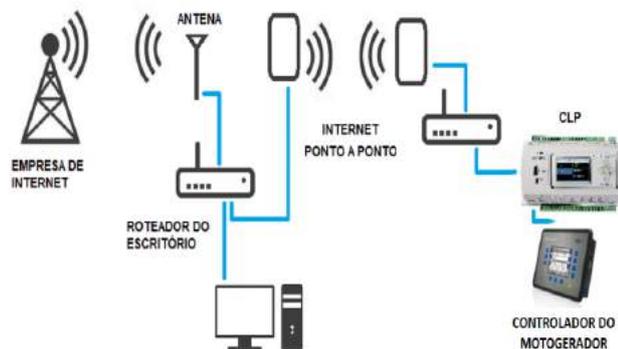


Figura 1. Mapa de rede da granja.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de monitoramento é apenas a primeira parte de um projeto em andamento e com duração de um ano. A partir dos dados coletados ao longo desse tempo, será criado um banco de dados que servirá como um importante objeto de estudo, por meio do qual será possível verificar quais os efeitos das variáveis analisadas sobre a produção e qualidade do biogás e a correlação entre elas.

Futuramente serão adicionados novos sensores para ampliar as análises. Serão instalados sensores de pressão e vazão de entrada de dejetos nos biodigestores.

Verificou-se algumas falhas na transmissão via internet. Quedas regulares de energia e a baixa qualidade da internet geraram falhas no armazenamento remoto feito em tempo real. Dessa forma, os dados passaram a ser coletados de forma manual, pelos próprios estagiários. O CLP tem capacidade de armazenar os dados gerados. Assim, uma vez por semana, os dados são coletados manualmente, por meio de um pen drive. Para solucionar o problema da instabilidade de energia, comum na zona rural, deve-se instalar um nobreak, ou seja, uma fonte de alimentação ininterrupta que irá garantir o funcionamento do CLP, mesmo em caso de quedas de energia.

CONCLUSÃO

O sistema de monitoramento foi instalado, configurado e está em funcionamento, transmitindo e armazenando os dados gerados.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Conhecimento em Bioenergia juntamente com toda equipe de estagiários e à empresa Energética pela parceria estabelecida.

REFERÊNCIA

ABCS. **Mapeamento da Suinocultura Brasileira.** Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas; Associação Brasileira dos Criadores de Suínos. Brasília. 2016. 1 ed.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

CARACTERIZAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DE NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO EM PASTAGENS NA MATA ATLÂNTICA DE MINAS GERAIS

Luís Flávio Pereira¹, Ricardo Morato Fiúza Guimarães²

¹Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail: luis.flavio@ufv.br; ²Discente de graduação em Engenharia de Produção - UFOP. e-mail: ricardo_9_morato@hotmail.com

RESUMO: Práticas de manejo ineficientes degradam pastagens, o que acarreta em sérios problemas socioambientais e econômicos. Caracterizou-se e mapeou-se cinco níveis de degradação em pastagens de uma bacia hidrográfica no bioma Mata Atlântica em Minas Gerais, Brasil. Utilizou-se dados de campo, relatos de agricultores e sensoriamento remoto via imagens LANDSAT 8 OLI e Google Earth Pro. Utilizando-se técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento, e os dados coletados em campo foi possível calibrar intervalos de cobertura vegetal (V_c) (%) que representassem cada nível de degradação. As pastagens apresentaram degradação elevada, e a metodologia de mapeamento foi eficaz, pois produziu mapas com acurácia excelente ($Kappa = 0,89$). Assim sendo, os intervalos de V_c calibrados podem ser empregados para realizar estimativas de níveis de degradação de pastagens em outros estudos.

Palavras-Chave: sensoriamento remoto, uso da terra, pastagens degradadas, NDVI, IDP

INTRODUÇÃO

Práticas de manejo ineficientes degradam pastagens, o que acarreta em sérios problemas socioambientais e econômicos (Pereira et al., 2017). Diversos estudos têm abordado e avaliado processos, mecanismos e mapeamento de pastagens degradadas (Aguiar et al., 2017; Gao et al., 2006; Hott et al., 2016). No entanto, estes trabalhos não caracterizam precisamente os níveis de degradação encontrados, nem fornecem modelos simplificados e confiavelmente calibrados para mapeamentos digitais em pastagens brasileiras.

Grandes áreas são ocupadas pela pecuária no bioma Mata Atlântica em Minas Gerais. Para Hott et al. (2016), na Zona da Mata aproximadamente 60% das pastagens apresentam taxas de crescimento reduzidas, o que implica em baixa produtividade e sustentabilidade da pecuária. Esses problemas provavelmente estão associados às práticas de manejo ineficientes para a região (Rocha Junior et al., 2017a).

Este estudo objetivou caracterizar e mapear os níveis de degradação de pastagens em uma bacia hidrográfica no bioma Mata Atlântica.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi a bacia do córrego Dornelas (área = 15 Km²), que se localiza no município de Rio Espera, MG, e é afluente do rio Doce (Figura 1). A bacia possui elevada precipitação anual (1900 mm), com distribuição mensal desuniforme: grande volume precipitado nos meses de janeiro a março, e quase nenhuma chuva de junho a setembro. O relevo é acidentado, em um mar de morros com solos pobres e profundos (Leite et al., 2007).

Caracterizou-se as pastagens em campo, por meio de avaliações *in situ* (13 a 16/04/2017) e imagens do Google Earth Pro. As pastagens foram divididas em cinco níveis de degradação (1 – mais degradado; 5 – degradação ausente), de acordo com os indicadores sugeridos por Rocha Junior et al. (2017b).

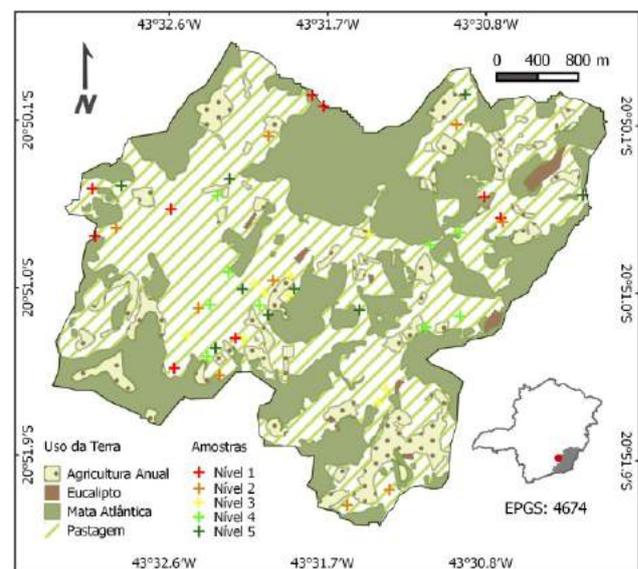


Figura 1. Localização da bacia do córrego Dornelas, pontos onde pastagens foram amostradas e descritas, e uso da terra em sua área de drenagem. O mapa de uso foi obtido via imagem do Google Earth, do dia 03 de maio de 2016.

A espacialização dos níveis de degradação de pastagens foi feita via sensoriamento remoto, utilizando-se a proposta por Gao et al. (2006):



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

$$V_c = \frac{NDVI - NDVI_S}{NDVI_S - NDVI_V} \quad (\text{Equação 1})$$

em que: V_c = cobertura vegetal das pastagens, em %; $NDVI_S$ = menor valor de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) das manchas de solo exposto na área; e $NDVI_V$ = maior valor de NDVI encontrado nas áreas de pastagens. O NDVI foi proposto por Rouse et al. (1973), varia entre os valores de -1 a 1, e é maior quanto mais densa e verde a cobertura vegetal.

Para obtenção do mapa de V_c foi utilizada imagem LANDSAT 8 OLI com correção atmosférica e resolução espacial de 30 metros, do dia 06/03/2017. Imagens nesses padrões são disponibilizadas gratuitamente pela United States Geological Survey – USGS, no site Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Os intervalos de V_c equivalentes a cada nível de degradação foram calibrados utilizando-se os dados coletados em campo, e dessa forma obteve-se um mapa de níveis de degradação da pastagem para março de 2017. O estado de degradação de uma região é caracterizado pelo Índice de Degradação de Pastagens (IDP), que é a média dos níveis de degradação, ponderada na área ocupada por cada nível.

Para avaliar a acurácia do método de espacialização, aplicou-se os intervalos sobre mapa de níveis de degradação oriundo de imagem semelhante à utilizada no processo de calibração, do dia 10/06/2017. Manchas de pastagens randomicamente selecionadas foram classificadas em campo, e a classificação foi comparada com o mapeamento digital. Na avaliação estatística utilizou-se o índice Kappa, calculado e interpretado conforme Landis & Koch (1977).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observações de campo e relatos de agricultores confirmaram que pastagens da região são pobremente manejadas. Apenas roçagem e ateuo de fogo são práticas recorrentes. Pousio e piqueteamento são utilizados esporadicamente, mas de maneira inadequada. Também foram observadas práticas de implementação inadequada, dentre elas aragem e gradagem no sentido da maior declividade dos morros. A irrigação não é praticada na região, e as pastagens são predominantemente formadas por *Brachiaria sp.*, principalmente *Brachiaria brizantha*.

As pastagens avaliadas em campo foram classificadas em cinco níveis de degradação (Tabela 1). Os intervalos de V_c foram espacializados sobre as imagens de março e junho, e obteve-se os mapas de níveis de degradação de pastagens (Figura 2). A classificação para junho apresentou índice Kappa

igual a 0,89, uma concordância excelente entre os dados de campo e o mapeamento digital ($p < 0,001$; $0,74 \leq \text{Kappa} \leq 1,0$ para um intervalo de confiança de 95%). Por isso, a técnica de extrapolação dos intervalos de V_c foi considerada adequada para mapeamento de níveis de degradação em pastagens, e pode ser utilizada em diferentes estudos. Entretanto, em regiões de fisiografia altamente diferenciada em relação à estudada, é recomendável uma recalibração dos intervalos de V_c .

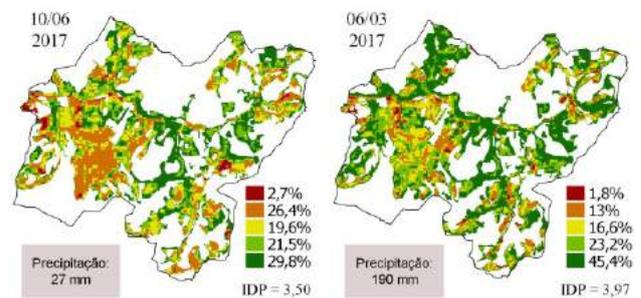


Figura 2. Degradação da pastagem em março e junho de 2017.

As pastagens apresentaram níveis de degradação elevados, com IDP maior que 3 (degradação moderada) tanto no mês chuvoso (Março) quanto no mês seco (Junho) (Figura 2), em concordância com resultados obtidos por Hott et al. (2016) e Pereira et al. (2017), ao estudarem pastagens na Zona da Mata, MG. Impactos socioambientais e econômicos relacionados a esse quadro têm sido relatado pelos agricultores e estudos na região, como empobrecimento do solo; desaparecimento de nascentes ou diminuição de suas vazões; desregularização da vazão dos rios; e assoreamento intensificado de cursos d'água (Rocha Junior et al., 2017a; Leite et al., 2007).

CONCLUSÕES

As pastagens apresentaram degradação elevada, e a metodologia de mapeamento foi eficaz, pois produziu mapas de acurácia excelente.

Os intervalos de V_c calibrados podem ser empregados para realizar estimativas de níveis de degradação de pastagens em estudos futuros.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, D. A.; MELLO, M. P.; NOGUEIRA, S. F.; GONÇALVES, F. G.; ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T. MODIS Time Series to Detect Anthropogenic Interventions and Degradation Processes in Tropical Pasture. *Remote Sensing*, v. 9, n. 1, p. 73, 2017.
- GAO, Q.; LI, Y.; WAN, Y.; LIN, E.; XIONG, W.; JIANGCUN, W.; WANG, B.; LI, W. Grassland degradation in Northern



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Tibet based on remote sensing data. **Journal of Geographical Sciences**, v. 16, n. 2, p. 165-173, 2006.

HOTT, M. C.; CARVALHO, L. M. T.; ANTUNES, M. A. H.; SANTOS, P. A.; ARANTES, T. B.; RESENDE, J. C.; ROCHA, W. S. D. Vegetative growth of grasslands based on hyper-temporal NDVI data from the Modis sensor. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 7, p. 858-868, 2016.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, p. 159-174, mar. 1977.

LEITE, M. G. P.; FUJACO, M. A. G.; BARCELOS, E. A. S.; GONÇALVES, G. H. T.; IGREJA, F. F. Environmental analysis of small rural catchments case study: Melo Creek–MG/Brazil. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 18, n. 6, p. 711-722, 2007.

PEREIRA, L.F.; CALEGARIO, A.T.; PEREIRA, S.B. et al. Caracterização e mapeamento da degradação e

intensidade de uso da terra exercida por pastagens. In: IV SIMPÓSIO MINEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2017, Viçosa. **Anais...** Viçosa, Brasil: GEFERT, 2017.

ROCHA JUNIOR, P. R.; ANDRADE, F. V.; MENDONÇA, E. S.; DONAGEMMA, G. K.; FERNANDES, R. B. A.; BHATTARAI, R.; KALITA, P. K. (a) Soil, water, and nutrient losses from management alternatives for degraded pasture in Brazilian Atlantic Rainforest biome. **Science of The Total Environment**, v. 583, p. 53-63, 2017.

ROCHA JUNIOR, P. R.; DONAGEMMA, G. K.; ANDRADE, F. V.; PASSOS, R. R.; COSTA, A. S. V.; RUIZ, H. A. (b). Field-based quality indicators in degraded pasture of the Atlantic forest biome. **Australian Journal of Crop Science**, p. 652-661, 2017.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, **Third ERTS Symposium**, NASA SP-351 I, 309-317, 1973.

Tabela 1. Caracterização das pastagens presentes na bacia do córrego Dornelas.

Nível de Degradação	Intervalo de V_c	Caracterização	Exemplo
1 – Extrema	$\leq 45\%$	Muitas ou extensas regiões com solo exposto. Cobertura vegetal diminuta ou inexistente, que é esparsa e/ou morta e com altura de dossel baixa. Erosão em diferentes formas, mas sempre intensa.	
2 – Forte	45 – 63,5%	Solo exposto em regiões pequenas ou médias, mas comuns. Cobertura vegetal moderada com vigor reduzido, parcialmente morta ou amarelada e com altura de dossel reduzida. Erosão forte, em diferentes formas.	
3 – Moderada	63,5 – 71%	Regiões de solo exposto são pequenas e dispersas. Cobertura vegetal e vigor são moderados, com altura de dossel baixa a moderada. Erosão em grau variado, mas sem a formação de grandes sulcos ou ravinamento.	
4 – Leve	71 – 77,5%	Regiões com solo exposto são raras e diminutas. Cobertura vegetal e vigor são relativamente altos, mas a altura de dossel é variável. Erosão identificável, mas sempre em grau leve.	
5 – Não Degradada	$\geq 77,5\%$	Não há solo exposto. Cobertura vegetal, vigor e altura de dossel são elevados. Erosão não aparente. Frequentemente identificadas em consórcio com espécies arbóreas e arbustivas nativas.	



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

DINÂMICA ANUAL DA DEGRADAÇÃO DAS PASTAGENS EM UMA BACIA NA ZONA DA MATA – MG

Luís Flávio Pereira¹, Ricardo Morato Fiúza Guimarães²

¹Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail: luis.flavio@ufv.br; ²Discente de graduação em Engenharia de Produção - UFOP. e-mail: ricardo_9_morato@hotmail.com

RESUMO: Práticas de manejo ineficientes degradam pastagens, o que acarreta em sérios problemas socioambientais e econômicos. Objetivou-se avaliar a dinâmica anual das pastagens de uma bacia hidrográfica no bioma Mata Atlântica em Minas Gerais, Brasil, durante o ano hidrológico 2016/2017. Utilizou-se dados de campo, relatos de agricultores e sensoriamento remoto via imagens do sensor Operational Land Imager (OLI) - LANDSAT 8 e do Google Earth Pro. As pastagens apresentaram altos níveis de degradação. O Índice de Degradação de Pastagens (IDP) oscilou de forma quadrática com a precipitação histórica ($p < 0,01$; $R^2 = 0,93$). Essa dependência sugere que irrigação pode ser tecnologia útil no controle da degradação. Durante o ano, pelo menos 51,27% das pastagens apresentaram algum sinal de degradação, atingindo-se a marca de 91,32%, no período seco, o que sugere alta insustentabilidade da pecuária local e problemas socioambientais associados e confirmados por agricultores.

Palavras-Chave: sensoriamento remoto, uso da terra, pastagens degradadas, NDVI, IDP

INTRODUÇÃO

Práticas de manejo ineficientes degradam pastagens, o que acarreta em sérios problemas socioambientais e econômicos (Pereira et al., 2017). Diversos estudos têm abordado e avaliado processos, mecanismos e mapeamento de pastagens degradadas no Brasil (Aguiar et al., 2017; Andrade et al., 2013; Hott et al., 2016). No entanto, poucos trabalhos avaliam a sazonalidade anual da degradação, principalmente no âmbito quantitativo. Sabe-se que índices de vegetação e de crescimento de pastagens se correlacionam com a precipitação ao longo do ano (Aguiar et al., 2017).

Grandes áreas são ocupadas pela pecuária pobremente manejada no bioma Mata Atlântica em Minas Gerais, Brasil. Para Hott et al. (2016), na Zona da Mata aproximadamente 60% das pastagens apresentam taxas de crescimento reduzidas, o que implica em baixa produtividade e sustentabilidade da pecuária. Esses problemas provavelmente estão associados às práticas de manejo ineficientes para a

região (Rocha Junior et al., 2017a).

Este estudo objetivou caracterizar a dinâmica anual das pastagens em uma bacia hidrográfica no bioma Mata Atlântica.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi a bacia do córrego Dornelas (área = 15 Km²), que se localiza no município de Rio Espera, MG, e é afluente do rio Doce (**Figura 1**). A bacia possui elevada precipitação anual (1900 mm), com distribuição mensal desuniforme: grande volume precipitado nos meses de janeiro a março, e quase nenhuma chuva de junho a setembro (Leite et al., 2007). Caracterizou-se as pastagens em campo, por meio de avaliações in situ (13 a 16/04/2017) e imagens do Google Earth Pro. As pastagens foram divididas em cinco níveis de degradação (1 – mais degradado; 5 – degradação ausente), de acordo com os indicadores sugeridos por Rocha Junior et al. (2017b).

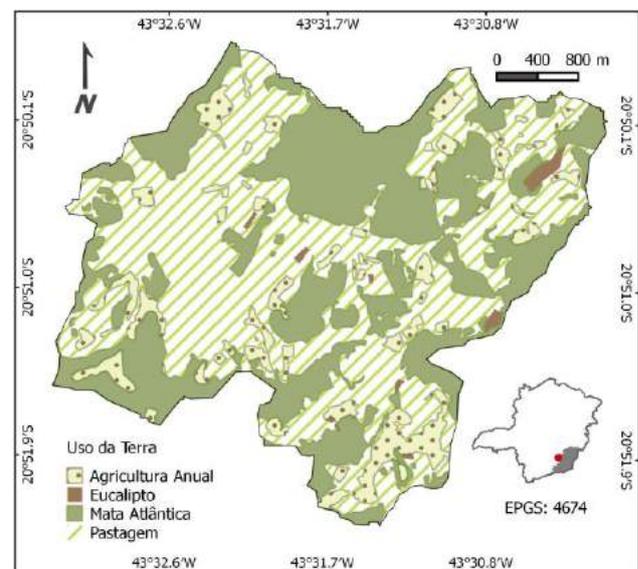


Figura 1. Localização da bacia do córrego Dornelas e uso da terra em sua área de drenagem. O mapa de uso foi obtido via imagem do Google Earth, do dia 03 de maio de 2016.

Por fim, utilizou-se sete imagens LANDSAT 8 OLI



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

de diferentes datas durante o ano hidrológico 2016/2017 para calcular a cobertura vegetal das pastagens (V_C) e o Índice de Degradação de Pastagens (IDP) (Andrade et al., 2013; GAO et al., 2006). De acordo com os dados de campo, calibraram-se intervalos de V_C representativos para cada nível de degradação. As imagens utilizadas foram previamente georreferenciadas e corrigidas atmosféricamente, e são assim disponibilizadas, mediante cadastro e solicitação ao United States Geological Survey.

Todo o processamento digital de imagens e mapas foi realizado no software livre QGIS 2.18.9 – Las Palmas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis de degradação apresentaram alta variabilidade ao longo do ano, com maior degradação das pastagens no período seco (**Figura 2**). Setembro apresentou as pastagens com degradação mais intensa (IDP = 2,19; 91,3% possuíam algum grau de degradação e 35,1% extremamente degradadas). Já o menor nível de degradação ocorreu em fevereiro (IDP = 4,04). Junho e julho apresentaram níveis de degradação intermediários, obedecendo à transição do período seco para o úmido. No período de julho a setembro houve conversão de níveis de baixa degradação a níveis de degradação elevada, enquanto no início do período chuvoso, entre setembro e janeiro, essa tendência foi invertida (**Figura 3**).

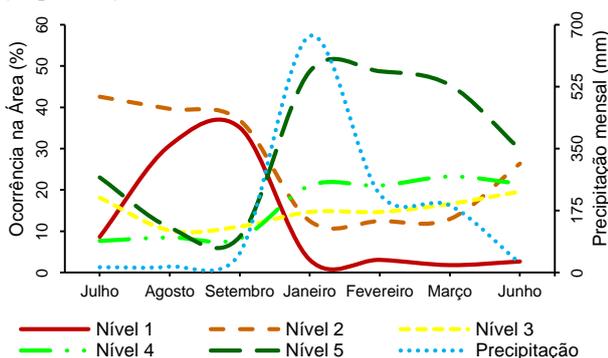


Figura 3. Dinâmica dos níveis de degradação das pastagens ao longo do ano.

As regressões para os níveis 2, 4, 5 e o IDP foram quadráticas, enquanto o nível 1 apresentou comportamento potencial (**Tabela 1**). O nível 3 não apresentou ajuste significativo, ocorrendo homogeneamente ao longo do ano. Os modelos ajustados indicaram que o maior IDP (4,30) e a maior abrangência de pastagens sem sinais de degradação (52,37%) ocorrem em precipitações trimestrais de

286 e 292 mm, respectivamente.

Tabela 1. Equações de regressão entre níveis de degradação/IDP e precipitação histórica trimestral (precipitação média nos 90 dias anteriores à data da imagem) (Leite et al., 2007).

Nível	Equação	R ²	ANOVA
1	$*Y = 5,15x^{-0,96}$	0,87	$p < 0,05$
2	$Y = 3,80x^2 - 23,30x + 45,10$	0,97	$p < 0,01$
3	$Y = -0,54x^2 + 2,86x + 13,28$	0,13	$p > 0,10$
4	$Y = -2,35x^2 + 13,52x + 5,84$	0,87	$p < 0,01$
5	$Y = -5,42x^2 + 31,65x + 6,17$	0,96	$p < 0,01$
IDP	$Y = -0,26x^2 + 1,51x + 2,13$	0,93	$p < 0,01$

*ANOVA sobre a equação linearizada

O aumento no grau de degradação a partir de meados do período seco (**Figura 2**) resultou da conversão de parte das pastagens de todos os níveis de degradação a níveis de degradação mais elevada, principalmente ao nível 1 (**Figura 3**). As maiores mudanças foram observadas nos níveis de degradação forte e extrema: frequentes no final do período seco e raros no final do período úmido. Nos meses chuvosos, apesar de ter ocorrido expressiva diminuição no IDP, pouco mais da metade das pastagens ainda apresentaram algum grau de degradação. Esses resultados estão em conformidade com os resultados obtidos por Hott et al. (2016), que encontraram indicativos de alta degradação e taxas de crescimento muito baixas para pastagens durante meses secos na Zona da Mata – MG. Os resultados também são semelhantes aos encontrados por Pereira et al. (2017), ao estudar a intensidade de uso da terra exercida por pastagens na bacia do rio Doce.

O comportamento quadrático encontrado para as equações ajustadas entre ocorrência dos níveis de degradação/IDP e precipitação (**Tabela 1**) é concordante com os resultados obtidos por Dantas et al. (2016). Os autores também encontraram modelos quadráticos ao estudarem aplicação de lâminas crescentes de água sobre pastagens de *Brachiaria brizantha* no período seco. Enquanto isso, o comportamento potencial do nível 1 mostra que aumentos na precipitação trimestral tendem sempre a reduzir a área de pastagens com degradação extrema. Assim, o uso de sistemas de irrigação pode propiciar melhoras na qualidade de pastagens na região. Entretanto, custo dos equipamentos e disponibilidade hídrica na bacia podem ser graves limitantes ao uso dessa tecnologia, considerando as condições econômicas e socioambientais locais. O fato de as pastagens se correlacionarem bem apenas



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

com médias trimestrais dos dados históricos sugere que o processo de degradação é gradual e bastante lento ao longo do ano.

CONCLUSÕES

Os níveis de degradação são elevados, mas variam de acordo com a precipitação ao longo do ano, tendendo a diminuir no período chuvoso. Essas variações ocorrem de forma quadrática para o IDP e níveis de degradação de 2 a 5, e de forma potencial para o nível 1 (degradação extrema).

A irrigação pode tecnologia útil no controle da degradação, caso sua implementação seja viável.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, D. A.; MELLO, M. P.; NOGUEIRA, S. F.; GONÇALVES, F. G.; ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T. MODIS Time Series to Detect Anthropogenic Interventions and Degradation Processes in Tropical Pasture. **Remote Sensing**, v. 9, n. 1, p. 73, 2017.

ANDRADE, R. G.; RODRIGUES, C. A. G.; SANCHES, I. D.; TORRESAN, F. E.; QUARTATOLI, C. F. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens. **Engenharia na Agricultura**, v. 21, n. 3, p. 234-243, 2013.

DANTAS, G. F.; FARIA, R. T.; SANTOS, G. O.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F. Produtividade e qualidade da brachiaria irrigada no outono/inverno. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 3, p. 469-481, 2016.

GAO, Q.; LI, Y.; WAN, Y.; LIN, E.; XIONG, W.; JIANGCUN, W.; WANG, B.; LI, W. Grassland degradation in Northern Tibet based on remote sensing data. **Journal of Geographical Sciences**, v. 16, n. 2, p. 165-173, 2006.

HOTT, M. C.; CARVALHO, L. M. T.; ANTUNES, M. A. H.; SANTOS, P. A.; ARANTES, T. B.; RESENDE, J. C.; ROCHA, W. S. D. Vegetative growth of grasslands based on hyper-temporal NDVI data from the Modis sensor. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 7, p. 858-868, 2016.

LEITE, M. G. P.; FUJACO, M. A. G.; BARCELOS, E. A. S.; GONÇALVES, G. H. T.; IGREJA, F. F. Environmental analysis of small rural catchments case study: Melo Creek-MG/Brazil. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 18, n. 6, p. 711-722, 2007.

PEREIRA, L.F.; CALEGARIO, A.T.; PEREIRA, S.B. et al. Caracterização e mapeamento da degradação e intensidade de uso da terra exercida por pastagens. In: IV SIMPÓSIO MINEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2017, Viçosa. **Anais...** Viçosa, Brasil: GEFERT, 2017.

ROCHA JUNIOR, P. R.; ANDRADE, F. V.; MENDONÇA, E. S.; DONAGEMMA, G. K.; FERNANDES, R. B. A.; BHATTARAI, R.; KALITA, P. K. (a) Soil, water, and nutrient losses from management alternatives for degraded pasture in Brazilian Atlantic Rainforest biome. **Science of The Total Environment**, v. 583, p. 53-63, 2017.

ROCHA JUNIOR, P. R.; DONAGEMMA, G. K.; ANDRADE, F. V.; PASSOS, R. R.; COSTA, A. S. V.; RUIZ, H. A. (b). Field-based quality indicators in degraded pasture of the Atlantic forest biome. **Australian Journal of Crop Science**, p. 652-661, 2017.

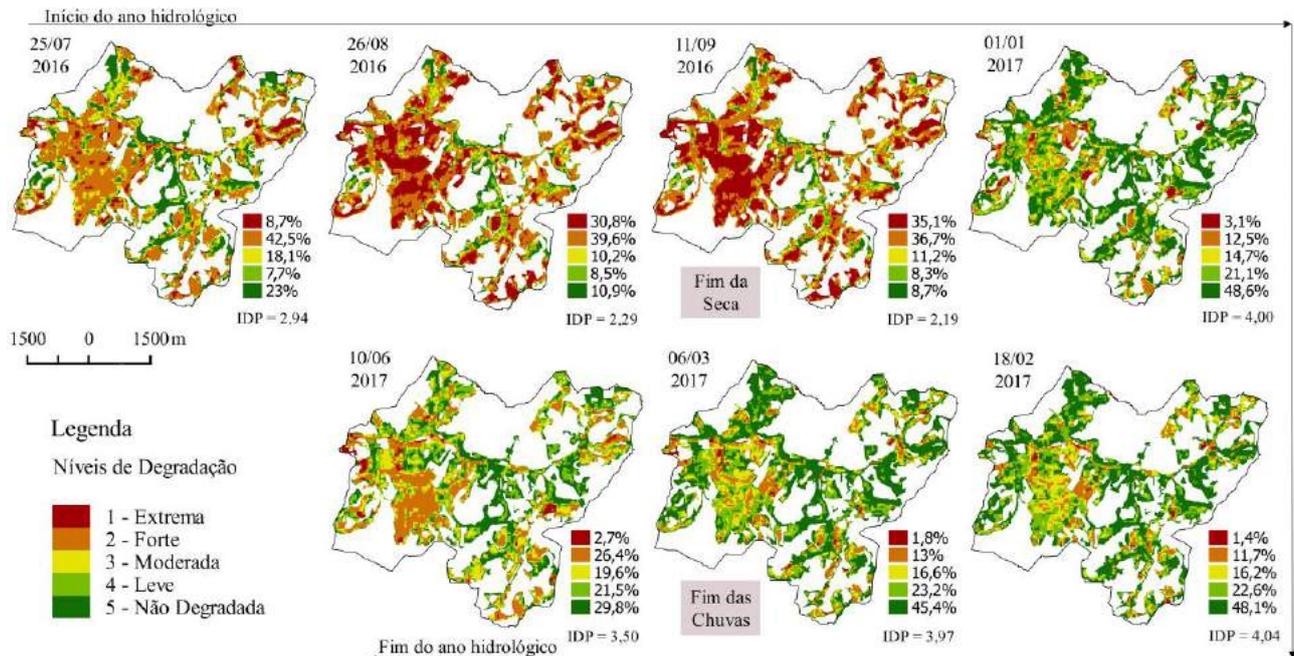


Figura 2. Abrangência, espacialização e dinâmica dos níveis de degradação das pastagens na bacia do córrego Dornelas ao longo do ano hidrológico 2016/2017.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

QUÍMICA E MINERALOGIA DOS SOLOS DE MANGUEZAL E TABULEIRO COSTEIRO DO MUNICÍPIO DE GUARAPARI-ES

José Maria da Silva¹, Elton Eduardo Novais Alves², Pablo de Azevedo Rocha³
Liovando Marciano da Costa⁴, Taislaine Imaculada Rocha⁵

¹Discente de graduação em Agronomia - UFV. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. e-mail: josemariaksu@gmail.com; ²Estudante de doutorado – Departamento de Solos – UFV. e-mail: elton.alves@ufv.br; ³Doutor em Solos e Nutrição de Plantas - UFV. e-mail: pab_zulu@yahoo.com.br; ⁴Professor do Curso de Agronomia - UFV. e-mail: liovandomc@yahoo.com.br; ⁵Estudante de mestrado – Departamento de Solos – UFV. e-mail: taislaine.rocha@ufv.br

RESUMO: Manguezais são ecossistemas costeiros, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, compostos por árvores e arbustos característicos (mangue), que se desenvolvem em regiões tropicais e subtropicais. São ecossistemas importantes para a biodiversidade e participam do ciclo biogeoquímico de diferentes elementos químicos. O estudo dos solos e seu material de origem são importantes para o entendimento dos processos que atuam em sua formação e na manutenção desses ambientes. Tendo em vista a escassez de estudos geoquímicos nesses ambientes, objetivou-se identificar os minerais constituintes das frações silte e argila, e as propriedades químicas dos solos do manguezal e do tabuleiro costeiro na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Concha D'Ostra, Guarapari, ES. Amostras de solos foram coletadas no interior do manguezal e no tabuleiro costeiro adjacente para a caracterização química e mineralógica, utilizando-se as análises de fluorescência e difração de raios X. Verificou-se a ocorrência de micas, esmectitas e pirita nos solos de mangue. No solo do tabuleiro costeiro foram encontrados apenas a caulinita, gibbsita e quartzo. Portanto, verificou-se a neoformação de minerais no mangue devido às condições físico-químicas distintas entre os dois ambientes devido a atuação da água do mar como fonte de sulfato e propiciando um ambiente redutor no solo do manguezal.

Palavras-Chave: DRX, EDX, estuários, geoquímica, neoformação, RDS Concha D'Ostra

INTRODUÇÃO

Os manguezais são ecossistemas estuarinos específicos devido à sua fitogeografia, desenvolvendo-se em áreas tropicais e subtropicais. A vegetação predominante, o mangue, é composta por árvores e arbustos adaptados aos

solos não consolidados, salinos e influenciados pelo regime de marés (SCHAEFER-NOVELLI, 1995). Esses ecossistemas possuem alta produtividade biológica e registram informações da geologia do Quaternário, portanto o estudo acerca da composição química e mineralógica fornecem subsídios para o melhor entendimento desses ambientes justificando a sua conservação.

Os solos do manguezal são formados a partir da deposição de sedimentos trazidos pelo mar e principalmente pelos rios e encostas. A fração mineral da argila e do silte desses solos, a princípio, estarão diretamente ligados às condições naturais dos minerais alóctones. No entanto, após a deposição desses sedimentos, ocorre a influência direta do regime das marés, que alteram as propriedades físico-químicas, devido a entrada da água do mar, que diminui o potencial de oxirredução, aumenta o pH, além de fornecer compostos químicos como o sulfato e o silício, principalmente na forma amorfa. Essas novas condições físico-químicas propiciam a formação de novos minerais a partir dos processos de precipitação ou da transformação de um mineral precursor.

Assim, objetivou-se identificar os minerais, das frações silte e argila, e as propriedades químicas dos solos do manguezal e do tabuleiro costeiro na Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Concha D'Ostra, Guarapari, ES.

MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada encontra-se no município de Guarapari-ES, na RDS Concha D' Ostra. Essa região é caracterizada pelo clima quente e úmido e índice pluviométrico de 1800 mm/ano. Os solos do manguezal foram coletados na camada subsuperficial (40 – 60 cm) utilizando-se o trado Napoleão, constituído por um tubo cilíndrico inox



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

semiaberto com 7 cm de diâmetro e 0,9 m de comprimento. A coleta foi realizada em quadrantes de 50 m por 50 m, na região central da área. Em cada quadrante foram realizados três pontos de coleta. Foram coletadas amostras de solos no horizonte Bw de Latossolos Amarelos nas áreas que circundam o manguezal e configuram os chamados Tabuleiros Costeiros. As amostras foram secas à temperatura ambiente e então peneiradas em peneiras de 2 mm para a obtenção da terra fina seca ao ar. Para os solos do manguezal, devido ao alto teor de matéria orgânica e sais, realizaram-se dois pré-tratamentos: hipoclorito de sódio 6% para oxidar a matéria orgânica e álcool etílico 60% para a remoção do excesso de sais, conforme metodologia proposta pela Embrapa (2011). O silte e a argila foram separados por centrifugação seguindo metodologia proposta por Jackson (2005). Após a secagem das amostras procedeu-se a leitura do pH. A medição do pH do solo do manguezal foi realizada em campo e do Latossolo seguiu-se a metodologia de Camargo et al. (2009). Cada fração (silte e argila) foi submetida à análise de fluorescência de raios X utilizando-se o aparelho μ -EDX 1300 – Shimadzu (EDX) seguindo a metodologia sugerida por Alves et al. (2016) e difratometria de raios-X (DRX) utilizando-se o equipamento PANalyticalX'Pert com radiação $\text{Co K}\alpha$, ângulo de varredura de 4 a 70° 2 θ , operando com tensão de 40 kV e corrente de 30 mA. Para as análises de DRX foram preparadas lâminas orientadas utilizando-se a técnica do esfregaço. Os picos dos minerais foram identificados utilizando-se o site Webmineral® bem como tabelas de identificação propostas por Chen (1977).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se, com a análise de EDX, que o teor de enxofre (S), na fração silte, do solo de manguezal foi quase 400 vezes maior que no solo do tabuleiro costeiro e 25 vezes maior na fração argila (Tabela 1).

O maior teor de S no solo do mangue se deve ao fato da água do mar ser a fonte majoritária desse elemento no sistema. Quando o S-SO_4^{2-} trazido do mar se reduz a sulfeto, formando pirita (identificada pela DRX, Tabela 1), ocorre a formação da pirita framboidal que possui dimensões de 10 a 50 μm (Rickard, 1975), por isso o teor de S foi maior na fração silte (2 a 53 μm). A formação da pirita no solo do manguezal ocorre devido às condições de baixo potencial redox, pH neutro, presença do Fe, S e C orgânico (Tabela 1), sendo esse processo catalisado pela microbiota do solo (Behera, 2014).

O silício é um dos elementos mais abundantes na fração silte dos tabuleiros costeiros (Tabela 1). A presença desse elemento está associada aos maiores teores de quartzo (Tabela 1) encontrados nessa fração e nesse ambiente. Porém, vale ressaltar que os solos de mangue também apresentaram o silício como elemento abundante no ambiente devido a deposição que ocorre através dos sedimentos e também pela ocorrência de diatomáceas nos ambientes estuarinos (Baltzer, 1975). Já o teor de Ca foi maior no solo de mangue, devido a presença de fragmentos de conchas presentes nesses ambientes, que é constituída, principalmente por carbonatos de Ca. Assim como o S, o K evidencia a influência da água do mar no solo do mangue, atingindo teor de até 16 vezes maior que no solo do tabuleiro costeiro, na fração argila (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado da análise química e mineralógica determinadas pela fluorescência e difração, respectivamente, de raios X dos solos do mangue e do tabuleiro costeiro e do valor de pH desses solos.

	Mangue		Tabuleiro	
	Silte	Argila	Silte	Argila
Al_2O_3	14,39%	27,78%	8,13%	38,62%
CaO	2,26%	1,78%	0,02%	0,03%
Fe_2O_3	18,63%	6,19%	2,58%	11,06%
K_2O	0,95%	0,54%	0,06%	0,06%
SiO_2	34,89%	36,96%	79,87%	43,43%
SO_3	19,55%	3,03%	0,05%	0,12%
pH ¹	7,11		4,95	
C+H+N^2	5,70%	9,14%	0,13%	1,01%
Minerais³	P, E, M, Q, C	P, E, C	Q	C, Gb, Gt

¹Média do solo; ²C+H+N: Carbono+Hidrogênio+Oxigênio;

³Minerais determinados pela DRX: P=Pirita, E=Esmeectita, M=Mica, Q=Quartzo, C=Caulinita, Gt=Goethita, Gb=Gibbsita

Além da pirita, foram identificados nos solos de mangue os minerais: esmeectita, mica, caulinita e quartzo (Tabela 1). No tabuleiro costeiro os minerais encontrados no solo foram o quartzo, a caulinita, a gibbsita e a goethita (Tabela 1). A presença dos argilominerais 2:1 (esmeectitas e micas), da pirita e a não detecção da gibbsita nos solos de mangue, em comparação ao solo do tabuleiro costeiro, evidenciam a origem autóctone desses minerais, ou seja, foram formados *in situ* decorrentes das transformações químicas



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

propiciadas pelo ambiente desenvolvido nos manguezais. Segundo Rocha (2016), a formação de piratas tem uma importância geoquímica e mineralógica essencial para o entendimento dos processos físico-químicos em ambientes anóxicos com aportes adequados de sulfato.

CONCLUSÕES

As análises de difratometria de raios X evidenciaram a neoformação de minerais nos solos de mangue (in situ), visto que não são encontrados nos solos circunvizinhos.

A análise química de fluorescência de raios X evidenciou a acumulação de elementos químicos oriundos da deposição de sedimentos (Si, Fe, Al) e trazido pelas marés (S, K).

Os manguezais constituem uma área de deposição e acumulação de sedimentos, na qual ocorrem vários processos químicos, tornando esses ambientes extremamente dinâmicos. Os estudos da química e mineralogia dos solos de manguezal são importantes para o entendimento dos processos que ocorrem nesses ambientes, justificando a sua conservação.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro e ao Departamento de Solos da UFV pelo apoio a este trabalho.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. E. N.; COSTA, L. M. C. ROCHA, P. A.; BITTENCOURT, S. F. E.; FÁRIA, A. L. L.; SCHAEFER, C. E. G. R. Utilização do μ -EDX para determinação de elementos químicos marcadores de metamorfismo em saprolitos de contato. In SIMPÓSIO MINEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 3., 2015, Viçosa, MG. **Anais...Viçosa: UFV**, 2015.

BALTZER, F. Solution of silica and formation of quartz and smectite in mangrove swamps and adjacent hypersaline marsh environments. In INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOLOGY AND MANAGEMENT OF MANGROVES, 1975, Gainesville (USA). **Anais...Gainesville: University of Florida**, 1975. p. 482–498.

BEHERA, B.; MISHRA, R.; DUTTA, S.; THATOI, H. Sulphur oxidising bacteria in mangrove ecosystem: A review. **African Journal of Biotechnology**, p. 2897-2907, 2014.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico Campinas. Campinas: Instituto Agronômico. **Boletim Técnico**, 106. 2009. 77 p.

CHEN, P-Y. **Table of key lines in X-ray powder diffraction patterns of minerals in clays and associated rocks**. Indiana: Department of Natural Resources Geological Survey, 1977. 67 p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 2011. 212 p

JACKSON, M. L., **Soil Chemical Analysis: Advanced Course**. 2. ed. University of Wisconsin - Madison: Parallel Press, 2005. 895 p.

RICKARD, D.T. Kinetics and mechanism of pyrite formation at low temperatures. **American Journal of Science**, p. 636-652, 1975.

ROCHA, P. A. **Solos do manguezal da Baía de Guarapari – ES: mineralogia e fósforo como indicador de contaminação por esgoto doméstico**. 2016. 90 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2016.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezais brasileiros**. 1991. 42 f. Tese (Livre-Docência) - Instituto Oceanográfico - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

PERDAS VISÍVEIS NA COLHEITA MECANIZADA DE AMENDOIM EM TRÊS ÉPOCAS DE ARRANQUIO

Wilson de A. O. Junior¹, Carla S. S. Paixão², Murilo A. Voltarelli³, Rogério de S. Faria⁴, Guilherme de M. Araújo⁵

¹Engenheiro Agrônomo. Mestrando em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: wilson.almeida@ufv.br; ²Engenheira Agrônoma. e-mail: ca@yahoo.com.br; ³Professor Dr. UFSCAR/Lagoa do Sino, SP. e-mail: voltarelli@ufscar.br; ⁴Engenheiro Agrônomo. e-mail: rsfagronomo25@gmail.com; ⁵Engenheiro Agrícola. Mestrando em Eng. Agrícola – UFV. e-mail: guilhermedemouraa@gmail.com

RESUMO: A colheita de amendoim é uma das operações mais críticas dentro do processo produtivo da cultura, onde as perdas são, normalmente, elevadas. Desta forma, objetivou-se avaliar suas perdas visíveis durante o arranquio mecanizado de amendoim. Trabalho realizado no em área agrícola do município de Jaboticabal, SP. A cultivar utilizada foi a Runner IAC.. Para realização do arranquio utilizou-se um trator MF 680 em conjunto com um arrancador Santal AIA-2. A avaliação das perdas visíveis foi realizada com a utilização de uma armação de 2m² em três épocas de arranquio aos 120, 125 e 130 dias após a semeadura. Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva. As médias das perdas visíveis foram pequenas, se comparadas as de outros autores e o ponto ideal de colheita foi aos 120 dias após a semeadura. As maiores perdas visíveis foram encontradas aos 130 dias após a semeadura.

Palavras-Chave: *Arachis hypogaea* L., arranquio, mecanização agrícola.

INTRODUÇÃO

O amendoim é uma oleaginosa que pode ganhar ainda mais espaço no cenário econômico brasileiro devido à crescente busca por novas fontes alternativas de combustíveis. Os óleos provenientes de produtos vegetais surgem como alternativa para substituição aos tradicionais combustíveis originados do petróleo (Ferrari et al., 2005)

No Brasil, a produção total foi de 466,2 mil toneladas, cultivada em uma área de 129,3 mil hectares, com produtividade média de 3.606 kg ha⁻¹ no ano agrícola de 2016.

Em São Paulo, o amendoim é uma planta de clima quente, cultivado nas regiões mais ao norte e oeste do estado. Essa leguminosa está plenamente

adaptada à rotação com a cana-de-açúcar, largamente plantada nessas regiões (CONAB, 2017).

Economicamente, a importância da cultura está relacionada ao fato das sementes possuírem sabor agradável e serem ricas em óleo e proteína. Além do consumo "in natura", os grãos também podem ser utilizados para extração do óleo, empregado diretamente na alimentação humana, na indústria de conservas (enlatado) e em produtos medicinais (COPERBIO, 2010).

A determinação do momento de início da colheita do amendoim é fundamental para se atingir máxima produtividade. Por se tratar de planta com hábito de crescimento indeterminado, mesmo quando a colheita ocorre em momento ótimo, o amendoim apresenta vagens em diferentes estádios de maturação (DORNER, 2008).

Quando ocorre a colheita prematura, o grande número de vagens imaturas pode acarretar prejuízos econômicos para os produtores e indústria. Por outro lado, se realizada tardiamente, acarreta maiores perdas pela deterioração do pedúnculo das vagens em função da idade (ROWLAND et al., 2006).

Dados recentes de pesquisas tem demonstrado que, na colheita do amendoim as maiores perdas ocorrem na operação de arranquio. Nesse contexto, objetivou-se neste trabalho avaliar as perdas visíveis durante o processo de arranquio mecanizado de amendoim em três épocas diferentes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área agrícola no município de Jaboticabal, SP, localizado nas coordenadas geodésicas 21°15'22" latitude S e 48°18'58" longitude W, com altitude média de 560 metros. A região onde o experimento foi conduzido



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

apresenta clima do tipo Aw de acordo com a classificação proposta por Köppen. O preparo do solo se deu de maneira convencional (uma aração e duas gradagens). Foi analisada uma grade amostral composta por 108 pontos, espaçados de 50 x 27 m (30 fileiras de amendoim). As variáveis analisadas são três distintas épocas de arranquio do amendoim (120, 125, 130 dias após a semeadura - DAS).

A semeadora-adubadora utilizada para realizar o plantio da cultivar foi a Marchesan® COP Suprema 7/4, com profundidade de deposição regulada para 5 cm, com espaçamento entre fileiras de 0,90 m.

Para realizar o arranquio do amendoim foi utilizado um trator MF 680 HD, com 127 kW (173 cv) de potência, rotação do motor igual a 2.000 rpm, o implemento conjunto com o trator foi um arrancador Santal AIA-2.

A cultivar plantada foi a Runner IAC 886, tratada com Cruiser® e Maxim®. Para realizar o controle de pragas e daninhas foram aplicados os seguintes defensivos: Amistar®, Engeo Pleno®, Alto 100®, Score® e Polytrin®. A adubação de semeadura foi feita de acordo com a análise química de solo.

A avaliação da resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) foi realizada em cada parcela, sendo realizada anteriormente ao arranquio, utilizando-se o penetrógrafo eletrônico DLG modelo PNT-2000/MOTOR, que segue a norma ASAE S313.2 (ASAE, 1999).

O teor de água do solo foi obtido pelo método gravimétrico padrão, descrito em Embrapa (1979), as mostras de solo foram coletadas em cada parcela com auxílio de um trado manual e cápsulas de alumínio, nas camadas de 0-15 cm.

O critério utilizado para dividir área em talhões foi a quantidade de dias após a semeadura (DAS) no qual seria realizado o arranquio (120, 125 e 130 DAS) do amendoim. A determinação das perdas visíveis (PVA) foi feita utilizando-se uma armação de área igual a 2 m², sendo mensuradas após o arranquio, quando a leira foi levantada cuidadosamente. Neste local posicionou-se a armação, sendo então recolhidas todas as vagens e grãos soltos que estavam sobre o solo para o interior da armação, posteriormente foram colocados em sacos de papel com identificação. Em seguida foram levados ao laboratório onde tiveram sua massa determinada, ao teor de água de 8%.

A produtividade foi determinada se posicionado a armação sobre a leira formada pelo arrancador após o arranquio, e procedendo ao corte e ensacamento de todo material contido dentro da área da armação. Coletaram-se todas as vagens das plantas que estavam dentro da área amostral, descontou-se a umidade para o teor de água de 8%.

Foi utilizado estatística descritiva para realizar a análise dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obteve-se uma produtividade média de 6531,7 kg ha⁻¹. Pode-se observar que para maturação e teor de água do solo os coeficientes de variação (CV) foram baixos, enquanto que para a resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) o CV encontrado foi muito alto (47,82%), mostrando que a RMSP possui grande variabilidade, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1: Estatística descritiva para a caracterização geral dos parâmetros relacionados antes do arranquio de amendoim.

Parâmetro	Maturação (%)	Teor de água do solo (%)	RMSP (MPa)
Média	78,7	21,6	1,83
Desvio Padrão	6,2	1,7	0,88
C.V.	7,8	7,9	47,82
Mediana	79,0	21,6	1,70

C.V. coeficiente de variação.

O teor de água no solo (21,6%) se justifica pela ocorrência de chuvas durante o período de colheita, o que também foi observado por Santos et al. (2010) durante a colheita de amendoim em várias regiões na safra 2008/2009.

O valor médio de maturação encontrado (78,7%) pode ser considerado adequado ao arranquio devido ao fato de estar acima de 75%, valor este citado como ideal por Faria Júnior (2007). O ponto de maturação para colheita é muito importante, pois além de proporcionar maior massa e melhor secagem, aumenta o teor e a qualidade do óleo.

Na Tabela 2 podemos observar os valores de maturação, teor de água do solo e RPMS

Tabela 2: Médias de maturação, teor de água no solo e RPMS após o arranquio de amendoim.

DAS	120	125	130
Maturação (%)	80,6	77,1	78,3
Teor de água do solo (%)	21,1	22,1	21,5
RMSP (MPa)	2,52	1,32	1,65



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

As perdas encontradas no presente estudo (Tabela 3) estão abaixo do encontrado por outros autores como Wessler (2007), que obteve valores médios de 300 kg ha⁻¹ no município de São João de Caiuá - PR, em solo de textura muito arenosa e Barroso (2009) obteve média de 329 kg ha⁻¹ de perdas visíveis no arranquio de amendoim do cultivar IAC Runner 886, em solo argiloso, na região de Jaboticabal, SP. A variabilidade das perdas é muito grande, principalmente devido a tratos culturais, maturação, velocidade da esteira do arrancador e questões ambientais.

Tabela 3: Valores médios das PVA

DAS	PVA (Kg ha ⁻¹)
120	107,1
125	178,3
130	191,4

CONCLUSÕES

As maiores perdas visíveis foram encontradas aos 130 dias após a semeadura.

O maior teor de maturação e da resistência mecânica do solo a penetração foi encontrado aos 120 dias após a semeadura.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e CAPES pela concessão de bolsas aos alunos.

REFERÊNCIAS

BARROSO, L. M. **COLHEITA MECANIZADA E PERDAS QUALI-QUANTITATIVAS DE SEMENTES DE AMENDOIM (ARACHIS HYPOGAEA L.)**. 79 F. 2009. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO E TECNOLOGIA DE SEMENTES) – FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, JABOTICABAL, SP, 2009.

CONAB - Companhia nacional de abastecimento. Safra 2016/2017. Disponível em <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_12_10_14_36_boletim_graos_setembro_2017.pdf>. Acesso em 25 de Outubro de 2017.

COOPERBIO - Cooperativa Mista de Produção, Industrialização e Comercialização de Biocombustíveis

do Brasil Ltda (2010). Disponível em: <<http://www.cooperbio.com.br/materias/amendoim.pdf>>. Acesso em: 02 Janeiro de 2017.

DORNER, J. W. RELATIONSHIP BETWEEN KERNEL MOISTURE CONTENT AND WATER ACTIVITY IN DIFFERENT MATURITY STAGES OF PEANUT. **PEANUT SCIENCE**, V. 35, N. 2, P. 77-80, 2008.

EMBRAPA. SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. **MANUAL DE MÉTODOS DE ANÁLISE DE SOLO**. RIO DE JANEIRO, 1979.

FARIA JUNIOR, P. PERDAS NA COLHEITA DO AMENDOIM. IN: ENCONTRO SOBRE A CULTURA DO AMENDOIM, 4. 2007. PALESTRAS..., JABOTICABAL: FUNEP, 2007. CD-ROM.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. BIODIESEL DE SOJA: TAXA DE CONVERSÃO EM ÉSTERES ETÍLICOS, CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICAS E CONSUMO EM GERADORES DE ENERGIA. **QUÍMICA NOVA**, V.18, P.19-23, 2005.

ROWLAND, D. L. *ET AL.* DETERMINATION OF MATURITY AND DEGREE DAY INDICES AND THEIRS SUCCESS IN PREDICTING PEANUT MATURITY. **PEANUT SCIENCE**, V. 33, N. 2, P. 125-136, 2006.

SANTOS, E.P.; SILVA, R.P.; FURLANI, C.E.A.; BERTONHA, R.S.; MEDEIROS, R.S. PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE AMENDOIM. IN: CONGRESSO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 9, 2010. ANAIS..., VITÓRIA: SBEA, 2010. CD-ROM.

WESSLER, V. **INFLUÊNCIA DA COLHEITA MECANIZADA SOBRE A OCORRÊNCIA DE PERDAS E DANOS VÍSIVEIS NA CULTURA DO AMENDOIM**. 2007. 60 F. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA) - UNIVERSIDADE ESTADUAL MARINGÁ, CIDADE GAÚCHA, 2007.



II SIMEAA

Simposio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

INFLUÊNCIA DAS PERDAS INVISÍVEIS NO ARRANQUIO MECANIZADO DE AMENDOIM EM FUNÇÃO DA MATURAÇÃO

Wilson de A. O. Junior¹, Carla S. S. Paixão², Murilo A. Voltarelli³, Rogério de S. Faria⁴, Guilherme de M. Araújo⁵

¹Engenheiro Agrônomo. Mestrando em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: wilson.almeida@ufv.br; ² Engenheira Agrônoma. e-mail: ca@yahoo.com.br; ³Professor Dr. UFSCAR/Lagoa do Sino, SP. e-mail: voltarelli@ufscar.br; ⁴Engenheiro Agrônomo. e-mail: rsfagronomo25@gmail.com; ⁵Engenheiro Agrícola. Mestrando em Eng. Agrícola – UFV. e-mail:guilhermedemouraa@gmail.com

RESUMO: O amendoim, por suas características especiais, tais como a presença de ginóforo subterrâneo, é uma cultura de difícil determinação do ponto de colheita. Escolher a época correta para o arranquio do amendoim é mais complicado do que para a maioria das outras culturas, pois os frutos crescem subterraneamente e de forma desigual. Neste contexto, objetivou-se avaliar suas perdas invisíveis na colheita mecanizada. O trabalho foi realizado no município de Jaboticabal, SP. A cultivar utilizada foi a Runner IAC 886 tratadas com Cruiser® e Maxim®. durante o ciclo do amendoim foram aplicados os seguintes produtos: amistar®, Engeo®, Pleno®, Alto 100®, Score® e Polytrin®. A adubação de sementeira foi feita de acordo com a análise química de solo. Para realização do arranquio utilizou-se um trator MF 680 em conjunto com um arrancador Santal AIA-2. A avaliação das perdas invisíveis foi realizada com a utilização de uma armação de 2m². Foi realizado arranquio aos 120, 125 e 130 dias após a sementeira. Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva. As médias das perdas invisíveis foram pequenas, se comparadas as de outros autores. As perdas invisíveis aumentaram com o decorrer do tempo de permanência da cultura no campo.

Palavras-Chave: *Arachis hypogaea* L., arranquio, arrancador-invertedor.

INTRODUÇÃO

O amendoim é constituído por aproximadamente 70% de grãos ou sementes e 30% de casca além de ser importante fonte de alimento, seja como óleo ou utilizado diretamente para consumo humano. Existem diversas espécies de amendoim, porém apenas representantes da *Arachis hypogaea* L.

foram domesticadas e amplamente cultivadas (Araújo et al., 2014).

Com produtividades estimadas para as safras 2017/2018 entre 454,1 e 463,2 mil toneladas (CONAB, 2017) o amendoim é muito plantado em áreas de reforma de canaviais, se tornando uma atividade de grande importância econômica.

As perdas durante a retirada do amendoim do solo ocorrem devido à interação entre vários fatores relacionados ao cultivo e ao maquinário (SANTOS et al., 2010). Essas são inevitáveis, sendo a operação de arranquio mecanizado a que apresenta maiores perdas, devido principalmente ao enfraquecimento do pedúnculo pelo avançado estágio de maturação ou ainda, quando o solo encontra-se muito seco e compactado (ROBERSON, 2009).

Gameiro et al. (2008) diagnosticaram a ocorrência de perdas ocorridas em função do arranquio mecanizado do amendoim cultivado em três áreas de produção na região noroeste do Paraná, encontrando perdas significativas no processo de arranquio mecanizado, da ordem de 18% em relação à produtividade. Desse percentual, aproximadamente 13% correspondiam as denominadas perdas invisíveis

Neste contexto, objetivou-se avaliar as perdas invisíveis no arranquio mecanizado de amendoim em função dos dias após sementeira.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em área agrícola no município de Jaboticabal, SP, localizada próximo às coordenadas geodésicas 21°15'22" latitude S e 48°18'58" longitude W, com altitude média de 560 metros. Apresenta clima Aw de acordo com classificação de Köppen. O solo foi preparado de



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

forma convencional com uma aração e duas gradagens.

Para determinação das variáveis analisadas foi utilizada uma grade de 108 pontos amostrais, espaçados de 50 x 27 m (30 fileiras de amendoim), sendo avaliadas três épocas de arranquio do amendoim (120, 125, 130 dias após a semeadura - DAS).

Para implantação da cultura foram utilizadas sementes de amendoim (*Arachis hypogea* L.), cultivar Runner IAC 886, tratadas com Cruiser® e Maxim®. Durante o ciclo do amendoim foram aplicados os seguintes produtos: Amistar®, Engeo Pleno®, Alto 100®, Score® e Polytrin®. A adubação de semeadura foi feita de acordo com a análise química de solo.

A semeadora-adubadora utilizada foi a Marchesan® COP Suprema 7/4, com profundidade de deposição regulada para 5 cm, com espaçamento entre fileiras de 0,90 m.

Para realização do arranquio foi utilizado um trator MF 680 HD, com 127 kW (173 cv) de potência no motor a 2000 rpm, em conjunto com um arrancador Santal AIA-2.

Para obtenção do teor de água do solo pelo método gravimétrico padrão, descrito em Embrapa (1979), as mostras de solo foram coletadas em cada parcela com auxílio de um trado manual e cápsulas de alumínio, na camada de 0-15 cm.

A avaliação da resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) foi realizada em cada parcela, anteriormente ao arranquio, utilizando-se o penetrógrafo eletrônico DLG modelo PNT-2000/MOTOR, que segue a norma ASAE S313.2 (ASAE, 1999).

A área foi dividida em talhões de acordo com os dias após a semeadura (DAS) em que seria realizado o arranquio (120, 125 e 130 DAS). A determinação das perdas invisíveis no arranquio (PIA) foi feita utilizando-se uma armação de área de 2 m². Com auxílio de um enxadão foi retirado o solo contido dentro da armação até a profundidade de 15 cm, realizando-se em seguida o peneiramento do solo, separando-se desta forma as vagens e sementes que ficaram retidas no solo, as quais foram acondicionadas em sacos de papel identificados e posteriormente quantificadas. Em seguida foram levados ao laboratório onde tiveram sua massa determinada, ao teor de água de 8%.

A produtividade foi determinada se posicionado a armação sobre a leira formada pelo arrancador após o arranquio, e procedendo ao corte e ensacamento de todo material contido dentro da área da armação. Coletaram-se todas as vagens das plantas que estavam dentro da área amostral, descontou-se a umidade para o teor de água de 8%.

Os dados coletados foram analisados utilizando-se estatística descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade média obtida foi de 6531,7 kg ha⁻¹. Pode-se observar que para maturação, teor de água do solo e das vagens os coeficientes de variação (CV) foram baixos, enquanto que para a resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) o CV encontrado foi muito alto (47,82%), mostrando que a RMSP possui grande variabilidade, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1: Estatística descritiva dos parâmetros relacionados antes do arranquio mecanizado de amendoim.

Parâmetro	Maturação (%)	Teor de água do solo (%)	RMSP (MPa)
Média	78,7	21,6	1,83
C.V.	7,8	7,9	47,82

O teor de água no solo (21,6%) se justifica pela ocorrência de chuvas durante o período de colheita, o que também foi observado por Santos et al. (2010) durante a colheita de amendoim em várias regiões na safra 2008/2009.

O valor médio de maturação encontrado (78,7%) pode ser considerado adequado ao arranquio devido ao fato de estar acima de 75%, valor este citado como ideal por Faria Júnior (2007). O ponto de maturação para colheita é muito importante, pois além de proporcionar maior massa e melhor secagem, aumenta o teor e a qualidade do óleo.

Na Tabela 2 podemos observar os valores de maturação, teor de água do solo e RMSP.

Tabela 2: Comparação das médias de maturação, teor de água no solo e RMSP

DAS	120	125	130
Maturação (%)	80,6	77,1	78,3
Teor de água do solo (%)	21,1	22,1	21,5
RMSP (MPa)	2,52	1,32	1,65

As perdas invisíveis encontradas (Tabela 3) estão abaixo do encontrado por outros autores. BARROSO (2009) observou uma PIA de 759 kg ha⁻¹ e Wessler (2007) encontrou média de 532 kg ha⁻¹ e 1.411 kg ha⁻¹ nos municípios paranaenses de São João de Caiuá e Santa Mônica, respectivamente. Olivatti (2007) obteve um valor de perdas invisíveis



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

2.507 e 1.282 kg ha⁻¹ trabalhando com e sem disco no arrancador-invertedor.

Tabela 3: Valores médios das PIA

DAS	PIA (kg ha ⁻¹)
120	156,1
125	164,0
130	323,3

CONCLUSÕES

As maiores perdas invisíveis e totais ocorreram para o arranquio realizado aos 130 DAS.

As perdas invisíveis aumentaram com o decorrer do tempo de permanência da cultura no campo.

O arranquio aos 120 DAS apresentou maior porcentagem de maturação das vagens e menor teor de água do solo quando comparado ao arranquio realizado aos 125 DAS.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, W. D. ET. AL. PROPRIEDADES FÍSICAS DOS GRÃOS DE AMENDOIM DURANTE A SECAGEM. **REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**, V. 18, N. 3, P. 279-286, 2014.

BARROSO, L. M. **COLHEITA MECANIZADA E PERDAS QUALI-QUANTITATIVAS DE SEMENTES DE AMENDOIM (ARACHIS HYPOGAEA L.)**. 79 F. 2009. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO E TECNOLOGIA DE SEMENTES) – FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, JABOTICABAL, SP, 2009.

CONAB - Companhia nacional de abastecimento. Safra 2016/2017. Disponível em <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_12_10_14_36_boletim_graos_setembro_2017.pdf>. Acesso em 25 de Outubro de 2017.

COOPERBIO - Cooperativa Mista de Produção, Industrialização e Comercialização de Biocombustíveis do Brasil Ltda (2010). Disponível em: <<http://www.cooperbio.com.br/materias/amendoim.pdf>>. Acesso em: 02 Janeiro de 2017.

DORNER, J. W. RELATIONSHIP BETWEEN KERNEL MOISTURE CONTENT AND WATER ACTIVITY IN DIFFERENT MATURITY STAGES OF PEANUT. **PEANUT SCIENCE**, V. 35, N. 2, P. 77-80, 2008.

EMBRAPA. SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. **MANUAL DE**

MÉTODOS DE ANÁLISE DE SOLO. RIO DE JANEIRO, 1979.

FARIA JUNIOR, P. PERDAS NA COLHEITA DO AMENDOIM. IN: ENCONTRO SOBRE A CULTURA DO AMENDOIM, 4. 2007. PALESTRAS..., JABOTICABAL: FUNEP, 2007. CD-ROM.

GAMEIRO, M. C.; MAHL, D.; SILVA, M. B.; LOPES, M. U.; WICHMANN, V. A. AVALIAÇÃO DE PERDAS VISÍVEIS E INVISÍVEIS NO ARRANQUIO MECANIZADO DO AMENDOIM NA REGIÃO NOROESTE DO PARANÁ. IN: ENCONTRO DO AMENDOIM, V, 2008, JABOTICABAL. **ANAIS...** JABOTICABAL: FUNEP, 2008. CD-ROM.

OLIVATTI, B. M.; MAHL, D.; WESSLER, V. PERDAS NO ARRANQUIO MECANIZADO DO AMENDOIM EM FUNÇÃO DA CONFIGURAÇÃO DO ARRANCADOR-INVERTEDOR E VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO. IN: *ENCONTRO DO AMENDOIM*, 4., 2007, JABOTICABAL. **ANAIS...** JABOTICABAL:FUNEP, 2007. CD-ROM.

ROBERSON, G. T. Planting, harvesting, and curing peanuts. P.131-148. In: JORDAN, D. L. et al. ; Peanut information 2010. North Carolina Coop. Ext. Ser. Series AG-331. 2009.

ROWLAND, D. L. ET AL. DETERMINATION OF MATURITY AND DEGREE DAY INDICES AND THEIR SUCCESS IN PREDICTING PEANUT MATURITY. **PEANUT SCIENCE**, V. 33, N. 2, P. 125-136, 2006.

SANTOS, E.P.; SILVA, R.P.; FURLANI, C.E.A.; BERTONHA, R.S.; MEDEIROS, R.S. PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE AMENDOIM. IN: CONGRESSO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 9, 2010. **ANAIS...**, VITÓRIA: SBEA, 2010. CD-ROM.

WESSLER, V. **INFLUÊNCIA DA COLHEITA MECANIZADA SOBRE A OCORRÊNCIA DE PERDAS E DANOS VÍVEIS NA CULTURA DO AMENDOIM**. 2007. 60 F. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA) - UNIVERSIDADE ESTADUAL MARINGÁ, CIDADE GAÚCHA, 2007.



COEFICIENTES DE AJUSTE DE EQUAÇÕES DE ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Vinicius Mendes Rodrigues de Oliveira¹; Igor Boninsenha²; Robson Argolo dos Santos¹; Rafael Gomes Martins¹; Igor Lopes de Faria³; Santos Henrique Brant Dias¹; Élvis da Silva Alves¹; Caio Vieira de Moraes²; Patrick Ágton de Oliveira³; Gustavo Henrique da Silva¹; Everardo Chartuni Mantovani⁴.

¹Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: viniciusmro91@gmail.com; argolo.agro@gmail.com; rgomesmartins1@gmail.com; santosdiasagro@gmail.com; elvistv@gmail.com; dasilva.h.gustavo@gmail.com;

²Discente de graduação Agronomia – UFV. E-mail: iboninsenhal@gmail.com; caio.morais95@gmail.com;

³Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: igorbenks@gmail.com; patrick.agton@ufv.br;

⁴Docente Departamento de Engenharia Agrícola-UFV. E-mail: everardo@ufv.br;

RESUMO:

O objetivo verificar a correlação dos métodos de estimativa de ET_0 propostos por Hargreaves e Samani e Jensen-Haise, comparados com o método padrão Penman Monteith-FAO 56 (PM-FAO) definindo-se coeficientes de ajuste regional para a região de Rio Paranaíba, MG. Foram utilizados dados climáticos coletados na estação meteorológica localizada em Rio Paranaíba, MG (19°09'47" S; 46°16'36" O, durante o período de 01 de julho de 2011 à 30 de junho de 2013. Para O método de estimativa de evapotranspiração que apresenta melhor correlação com o método padrão (PM-FAO), é o método de JH, com um r^2 de 89% e o método de HS, com r^2 de 58%. Com a correção dos dados de evapotranspiração todas as equações analisadas podem ser usadas para a estimativa de evapotranspiração se aproximando do método de PM-FAO.

Palavras-Chave: ÁGUA, CLIMA, EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA, MANEJO DE IRRIGAÇÃO, RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA.

INTRODUÇÃO

Atualmente, vem crescendo a conscientização popular para o uso racional dos recursos hídricos, e, nesse sentido o conhecimento do consumo hídrico das culturas, obtido com base na evapotranspiração. Identificar a necessidade das culturas em relação a água de forma exata permite atualizar as metodologias existentes. Desta forma, é possível buscar técnicas que consigam avaliações mais rápidas, simples e precisas da evapotranspiração.

A evapotranspiração de referência (ET_0) é a perda de água de uma extensa superfície cultivada

com grama, com altura de 0,08 a 0,15 m, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e sem deficiência de água. Para tanto, existem vários métodos que estimam a evapotranspiração, quando esta não pode ser medida, sendo o método PM-FAO considerado padrão (ALLEN et al., 1998). Mas este método padrão necessita de muitas variáveis de entrada para o cálculo da evapotranspiração de referência, e com isso vários outros métodos foram estudados para substituí-lo, mas necessitam ainda serem testados em diversos tipos de clima.

O objetivo verificar a correlação dos métodos de estimativa de ET_0 propostos por Hargreaves e Samani e Jensen-Haise, comparados com o método padrão Penman Monteith-FAO 56 (PM-FAO) definindo-se coeficientes de ajuste regional para a região de Rio Paranaíba, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram coletados com o auxílio por uma estação climatológica automática, instalada em área vegetada com grama batatais com 0,1 m de altura com 10 m de bordadura irrigada, na cidade de Rio Paranaíba – MG. Foram coletados dados horários de temperatura máxima e mínima, umidade relativa, velocidade do vento a 2 m de altura e radiação solar.

Para a estimativa da evapotranspiração foram utilizados os métodos de Penman Monteith-FAO 56 (PM-FAO) (Equação 1), Hargreaves e Samani (HS) (Equação 2) e Jensen-Haise (JH) (Equação 3). Os valores das variáveis climatológicas foram condensados em médias diárias, com o auxílio do EXCEL 2010®, para posterior aplicação nas equações de estimativa.

$$ET_0 = \frac{0,408 \times \Delta (R_n - G) + \gamma \times \frac{900}{T_{med} + 273} \times U_2 \times (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \times (1 + 0,34 \times U_2)} \quad (1)$$



em que: ET_0 - evapotranspiração de referência, mm d^{-1} ; - declividade da curva de pressão de vapor na saturação versus temperatura do ar, kPa $^{\circ}C^{-1}$; R_n - saldo de radiação na superfície do cultivo, MJ $m^{-2}d^{-1}$; G - fluxo total de calor no solo, MJ $m^{-2} dia^{-1}$; - coeficiente psicrométrico, kPa $^{\circ}C^{-1}$; U^2 - velocidade do vento a 2 m de altura, $m s^{-1}$; e_s - pressão de vapor na saturação, kPa; e_a - pressão de vapor atual, kPa; T_{med} - temperatura média do ar tomada a 2 m de altura, $^{\circ}C$;

$$ETP = 0,0023 \times (T_{med} + 17,8) \times (T_x - T_i)^{0,5} \times R_a \quad (2)$$

em que: T_{med} , T_x e T_i temperaturas média, máxima e mínima, $^{\circ}C$; R_a - radiação solar no topo da atmosfera, $mm dia^{-1}$.

$$ETP = \frac{(0,025 \times T + 0,08) \times G}{59} \quad (3)$$

que: ETP - evapotranspiração potencial, $mm dia^{-1}$; T - temperatura do ar, $^{\circ}C$; G - radiação incidente de onda curta, $cal cm^{-2}.d^{-1}$.

Para as estimativas de ET_0 foram utilizados dados climáticos de 01/07/2011 à 30/06/2013. A ET_0 obtida pelo método Penman Monteith-FAO 56 foi considerada como padrão para comparação com os demais métodos, por essa ser considerada o método mais preciso, por integrar maior quantidade de parâmetros (Syerreck et al., 2008).

Para comparação foi utilizado o índice de Willmontt (1981) (d), equações de regressão, índice de desempenho (c) (classificado conforme Camargo & Sentelhas, 1997) e o erro padrão de estimativa (EPE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

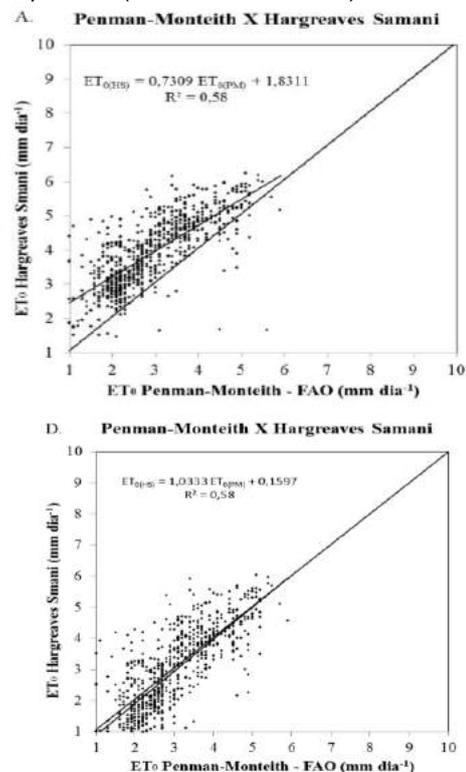
Analisando o índice de exatidão (d), antes da correção dos dados, todos os métodos avaliados apresentavam valores abaixo de 0,8, com o extremo de 0,771 para JH. Após a correção, com os coeficientes gerados na equação de regressão, observa-se um aumento no índice de exatidão até 0,99, mostrando que todos os métodos de estimativa em estudo apresentamalta exatidão se corrigidos para a localidade. Resultados semelhantes aos relatados por Gonçalves et al. (2009) e Conceição (2005) para os métodos de JH e HS.

Antes da correção dos dados, a classificação do desempenho ("c") indica que o método de JH é bom, e de acordo com Camargo & Sentelhas (1997) pode ser usado sem correção dos dados. Por outro lado, o método de HS apresentou desempenho sofrível e mau, e com isso não são indicados para uso na estimativa de ET_0 .

Após a correção dos dados, método de JH apresentou 0,95 no índice "c" de desempenho, classificado como "ótimo", continuando como o

método mais indicado. Para o método de HS observa-se melhora no desempenho (0,75), classificando-o como "bom". Syperreck et al. (2008), trabalhando também com comparação entre métodos de estimativa de ET_0 , tomando como padrão o método PM-FAO, com dados climáticos de Palotina, Estado do Paraná, também observaram que o desempenho do método de HS foi classificado como sendo "bom", e para os métodos de C e JH a classificação desses método conforme o índice "c" foi "bom" contrapondo os resultados obtidos nesse trabalho. O método de HS apresenta altos índices de precisão "r", de desempenho "c", exatidão "d" próximo da unidade, para a maioria das regiões citricolas do estado de SP, e sugerem ser este um método adequado para estimativa da ET_0 nestas localidades.

Conforme a Figura 1, a equação com melhor r^2 foi a equação de Jasen Haise, e com isso pode ser utilizada para estimativa de evapotranspiração sem a correção para a região de Rio Paranaíba-MG. Após a correção dos dados, todas as equações apresentaram coeficiente angular igual a 1 e coeficiente linear igual a 0, propondo a reta $Y = X$, e com isso a evapotranspiração estimada pelas equações não padrão se aproxima quase perfeitamente da evapotranspiração estimada pelo método padrão (Penman- Monteith).



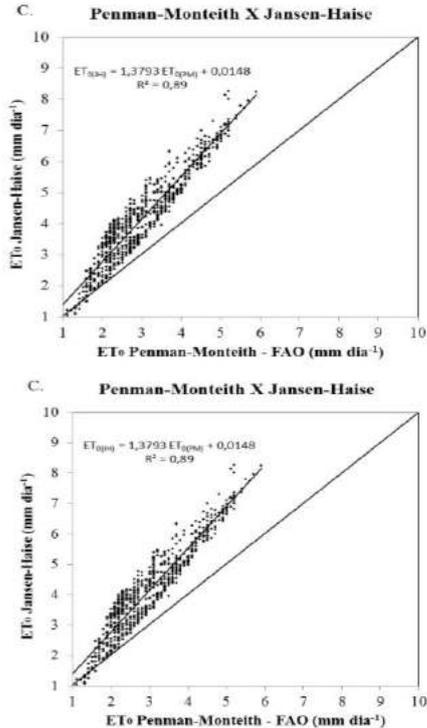


Figura 1. Relações entre os valores diários da evapotranspiração de referência calculada pela equação de PM-FAO e: A ;D Hargreaves Samani; C. Jansen-Haise; e relações entre os valores diários da evapotranspiração de referência calculada pela equação de PM-FAO.

CONCLUSÕES

Para a região, sem a correção dos dados, a equação de Jansen-Haise pode ser usado para estimativa da ET_0 . Com a correção dos dados, para esta região, todas as equações podem ser usadas para a estimativa de evapotranspiração se aproximando do método de Penman-Monteith.

AGRADECIMENTOS

Sinceros agradecimentos ao GESAI, Professores do DEA e Orientadores.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 297 p.

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CONCEIÇÃO, M.A.F. Estimativa da evapotranspiração de referência com base na temperatura do ar para as condições do Baixo Rio Grande, SP. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.11, n.2, p.229- 236, 2003.

GONÇALVES, F.M.; FEITOSA, H.O.; CARVALHO, C.M.; GOMES FILHO, R.R.; VALNIR FILHO, M. Comparação de métodos da estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Sobral-CE. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v.3, n.2, p. 71-77, 2009.

SYPERRECK, V.L.G.; KLOSOWSKI, M.G.; FURLANETTO, C. Avaliação de desempenho de métodos para estimativas de evapotranspiração de referência para a região de Palotina, Estado do Paraná. Acta Sci. Agron., v.30, p. 603-609. Maringá, 2008.

WILLMOTT, C.J. On the validation of models. Phys. Geogr., Delaware, v. 2, n. 2, p. 184-94, 1981.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

AJUSTE DE EQUAÇÕES EMPÍRICAS PARA ESTIMAR ET_0 NO MUNICÍPIO DE CANAVIEIRAS (BA)

Robson Argolo dos Santos¹, Vinicius Mendes Rodrigues de Oliveira², Rafael Gomes Martins³, Igor Lopes de Faria⁴, Santos Henrique Brant Dias⁵, Élvys da Silva Alves⁶, Francisco Cássio Gomes Alvino⁷, Patrick Ágton de Oliveira⁸, Gustavo Henrique da Silva⁹, Filliph Gomes Palma¹⁰, Catariny Cabral Aleman¹¹

¹Discente pós-graduação Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: argolo.agro@gmail.com; ²Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: viniciusmro91@gmail.com. e-mail: fulanodetal@hotmail.com; ³Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: rgomesmartins1@gmail.com; ⁴Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: igorbenks@gmail.com; ⁵Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: santosdiasagro@gmail.com; ⁶Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: elvistv@gmail.com; ⁷Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: cassioalvino@hotmail.com; ⁸Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: patrick.agton@ufv.br; ⁹Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: dasilva.h.gustavo@gmail.com; ¹⁰Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: filliph.palma@gmail.com; ¹¹Docente Departamento de Engenharia Agrícola-UFV. E-mail: catariny@ufv.br;

RESUMO: A Evapotranspiração foi um termo criado por Thornthwaite na década de 1940. Tem importância na aplicabilidade de projetos e manejos da irrigação. O objetivo deste trabalho foi testar e ajustar dois métodos empíricos para estimar a evapotranspiração nas condições climáticas do município de Canavieiras (BA). Para isso, usou-se o método de Penman-Monteith (FAO-56) como padrão, e foram ajustados os métodos de Hargreaves e Samani e Priestley-Taylor através de dados climáticos adquirido no INMET. As comparações foram analisadas por meio da raiz do erro médio quadrático (RMSE), eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE), erro médio absoluto (MAE), erro viés médio (MBE) e coeficiente de correlação (r). O método que apresentou melhor resultado estatístico foi o de Priestley-Taylor e o pior resultado estatístico foi o modelo de Hargreaves e Samani. Nas condições de Canavieiras (BA) o método de Priestley-Taylor é indicado para estimar a ET_0 .

Palavras-Chave: Agrometeorologia, Penman-Monteith (FAO-56), ET_0 , irrigação, manejo

INTRODUÇÃO

Evapotranspiração foi um termo criado por Thornthwaite na década de 1940 para expressar a ocorrência simultânea da evaporação e transpiração (PEREIRA et al., 1997; BOREGES E MEDIONDO, 2007) e pode ser entendida como a quantidade equivalente de água evaporada e transpirada, geralmente expressa em milímetros de água evapotranspirada por unidade de tempo. É controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas (PIVETTA et al., 2010). A

disponibilidade de energia disponível para evapotranspiração é dependente das coordenadas geográficas locais (latitudes, longitude, altitude) e da época do ano. As variáveis climáticas que mais interferem na evapotranspiração são a radiação solar, temperatura do ar e do solo, umidade relativa do ar, velocidade do vento e a pressão atmosférica (MEDEIROS, 2002).

Evapotranspiração junto com o coeficiente da cultura são importantes parâmetros para dimensionamento de sistemas de irrigação (CUNHA et al., 2013). Desta forma torna-se importante a adequada estimativa evapotranspiração.

O objetivo do trabalho foi avaliar dois métodos alternativos (Priestley-Taylor e Hargreaves e Samani) para estimativa da evapotranspiração de referência no município de Canavieiras - BA.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Canavieiras, localizado na região do extremo sul da Bahia, a 425 km da capital Salvador.

A ET_0 foi estimada por dois modelos empíricos e comparado com o método de Penman-Monteith (FAO-56), considerado padrão.

Os métodos avaliados foram o de Priestley e Taylor, que se baseia na radiação solar, e o método de Hargreaves e Samani, baseado na temperatura do ar.

Para execução dos métodos foram adquiridos dados de temperatura máxima e mínima, umidade relativa e velocidade do vento diários para o período de 1977 a 2016. As variáveis meteorológicas foram obtidas de uma estação convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na cidade Canavieiras-BA.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

As estimativas foram analisadas com base na raiz erro médio quadrático (RMSE), eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE), erro médio absoluto (MAE), erro viés médio (BM) e coeficiente de correlação (r). Todo processo de cálculos foi elaborado no software Excel 2015.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avalia-se na **figura 1 e 2** o comportamento da equação após a calibração em função da equação padrão proposta pelo boletim 56 da FAO. Nota-se que a equação de Priestley-Taylor (PT) apresentou melhor resultado com a calibração do que o método de Hargreaves-Samani (HS).

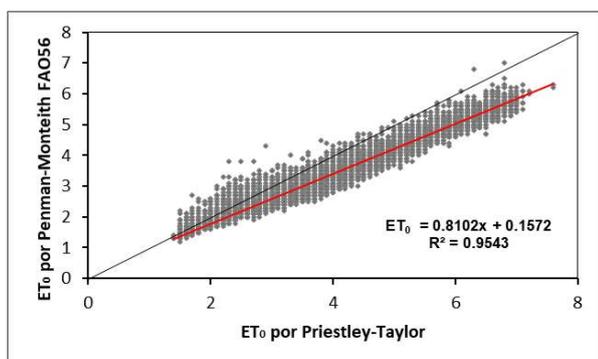


Figura 01. Valores da ET_0 (mm dia^{-1}) calibrado pelo método de Priestley-Taylor.

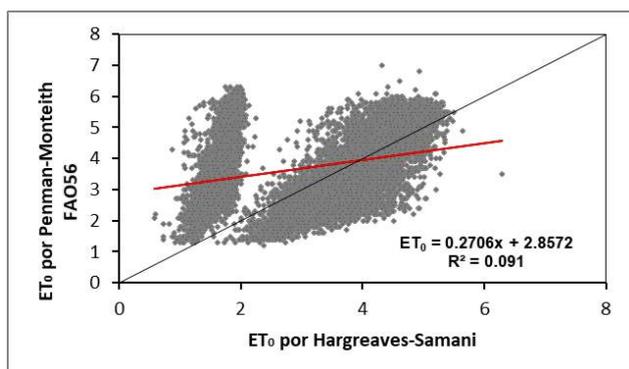


Figura 02. Valores da ET_0 (mm dia^{-1}) calibrado pelo método de Hargreaves-Samani.

A **figura 03** mostra tendência de superestimar ou subestimar o modelo de PM-FAO56, evidenciando que o método de Hargreaves-Samani após a calibração reduziu bastante essa tendência, assim como o de Priestley-Taylor, contudo este último revelou-se melhor.

Ao analisar o RMSE, apresentado na **figura 04**, observa-se que Priestley-Taylor após o ajuste

reduziu seu erro em 68%, enquanto que o método de Hargreaves-Samani reduziu em apenas 34.4%.

As premissas anteriores são reforçadas na **figura 05**. Nela está presente valores médios dos erros das variáveis originais, em que o método de Priestley-Taylor se manteve com menores erros em relação ao de Hargreaves-Samani.

Todas as avaliações estatísticas convergem para o melhor desempenho do método de Priestley-Taylor. Ao se analisar o ajuste das equações, **figura 06**, percebe-se que Priestley-Taylor foi o melhor método ajustado, pois o seu valor tende a 1, quanto mais próximo de 1 melhor é o ajuste da equação.

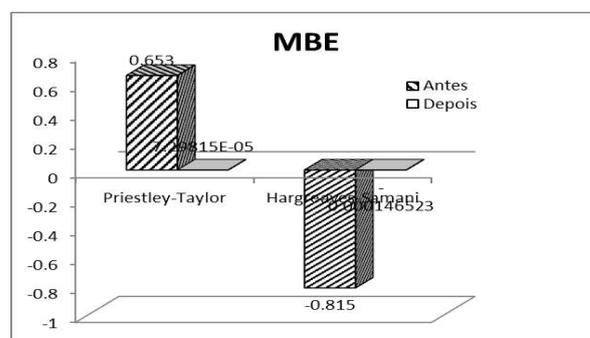


Figura 03. Tendência da sub ou superestimativa dos métodos calibrados.

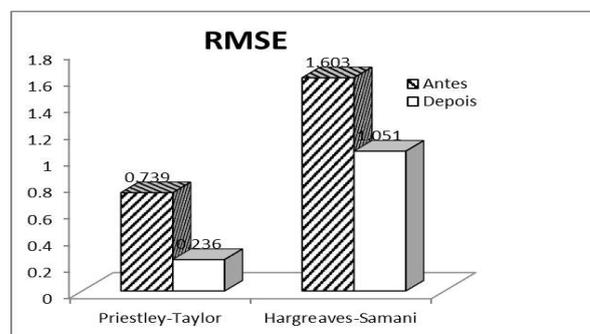


Figura 04. Erro médio quadrático antes e depois da calibração.

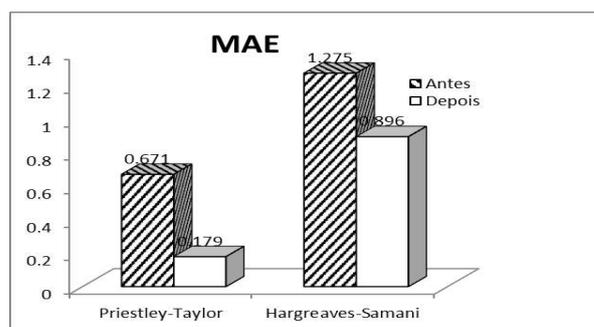


Figura 05. Erro médio absoluto antes e depois da calibração.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Segundo Rigioni et al. (2013) a radiação é o componente que mais se associa ao fenômeno de evaporação da água em relação a temperatura, pois está diretamente relacionado com a agitação molecular da água. Assim, era de se esperar um bom ajuste na equação de PT.

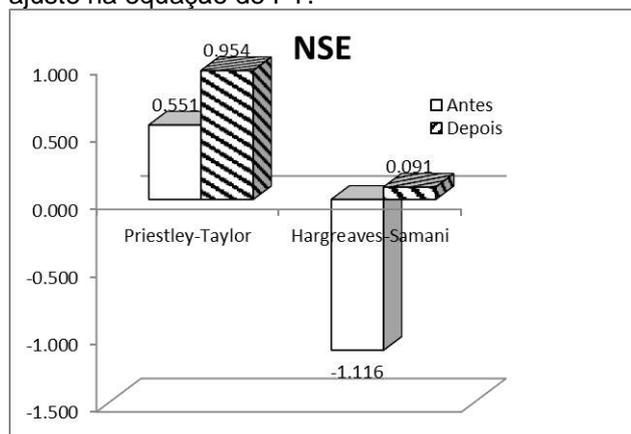


Figura 06. Eficiência de Nash-Sutcliffe aplicado nos métodos antes e depois do ajuste.

O modelo de HS utiliza como variável climática a temperatura do ar e radiação solar extraterrestre (PEREIRA et al., 2013). Porém este método foi desenvolvido em condições semiáridas da Califórnia (HARGREAVES E SAMANI, 1985), e o município de Canavieiras está localizada em uma região úmida de excelente precipitação, o qual pode explicar o péssimo ajuste deste método no município.

CONCLUSÕES

Na impossibilidade de utilização do método padrão de Penman-Monteith para estimar a ET_0 , o método de Priestley-Taylor é recomendado para condições climáticas do município de Canavieiras-BA.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

Ao Grupo de Estudos e Soluções para Agricultura Irrigada (GESAI) por permitir infraestrutura para elaboração desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

BORGES, A. C.; MENDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 3, p. 293-300, 2007.

CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A. Métodos para estimativa da evapotranspiração de

referência para Chapadão do Sul - MS. *Engenharia na Agricultura*, v. 21, n. 2, p. 159-172, 2013.

FERNANDES, S. D.; HEINEMANN, A. B.; PAZ, R. L.; AMORIM, A. O. **Evapotranspiração: uma revisão sobre os métodos empíricos**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 44 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 263).

HARGREAVES, G.H. & Z.A. SAMANI. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Engineering in Agriculture*, v. 1, p. 96–99, 1985.

MEDIROS, P. V. **Análise da evapotranspiração de referência a partir de medidas lisimétricas e ajuste estatístico de estimativa de nove equações empírico-teóricas com base na equação de Penman-Monteith**. 2008. 241f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil, and grass. *Proceedings of the Royal Society*, v. 193, n. 1, p. 120-146, 1948.

PEREIRA, A. R.; SEDIYAMA, G. C.; VILLA NOVA, N. A. **Evapotranspiração**. Campinas: Fundag, 2013. P. 323.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: Fealq, 1997.

PIVETTA, C. R.; HELDWEIN, A. B.; MALDANER, I. C.; RADONS, S. R.; TAZZO, I. F.; LUCAS, D. D. Evapotranspiração máxima do pimentão cultivado em estufa plástica em função de variáveis fenométricas e meteorológicas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.768-775, 2010.

RIGONI, E. R.; OLIVEIRA, G.; BISCARO, G. A.; QUEIROZ, M.; LOPES, A. Desempenho sazonal da evapotranspiração de referência em Aquidauana, MS. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v. 21, n. 6, p. 547-572, 2013.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

NECESSIDADE HÍDRICA DA PASTAGEM EM BELO HORIZONTE-MG NO ANO DE 2016

Filliph Gomes Palma¹, Igor Lopes de Faria², Tiago Ferreira Rodrigues³, Caio Vieira de Morais⁴, Gustavo Henrique da Silva⁵, Santos Henrique Brant⁶, Patrick Ágton de Oliveira⁷, Igor Bonisenha⁸, Rafael Gomes Martins⁹, Catariny Cabral aleman¹⁰

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. e-mail: Filliph.palma@gmail.com; ²Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: igorbenks@gmail.com; ³Discente de graduação Agronomia – UFV. E-mail: thiagof.agro@outlook.com; ⁴Discente de graduação Agronomia – UFV. E-mail: caio.morais95@gmail.com; ⁵Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: dasilva.h.gustavo@gmail.com; ⁶Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: santosdiasagro@gmail.com; ⁷Discente de graduação Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: patrick.agton@ufv.br; ⁸Discente de graduação Agronomia – UFV. E-mail: iboninsenal@gmail.com; ⁹Discente pós-graduação Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: rgomesmartins1@gmail.com; ¹⁰Docente Departamento de Engenharia Agrícola-UFV. E-mail: catariny@ufv.br;

RESUMO: O desenvolvimento de estudos com o objetivo de caracterizar o consumo de água pelas culturas forrageiras em regiões de climas tropicais tem grande importância, uma vez que vem crescendo o uso das técnicas de irrigação para aumentar a produtividade. Este trabalho teve o objetivo de modelar o consumo de água para a cultura da pastagem para a cidade de Belo Horizonte – MG no período de janeiro a dezembro de 2016. O Resultado obtido com a realização do balanço hídrico para o período em questão evidenciou a importância da utilização de técnicas de irrigação para manter uma boa produtividade da cultura da pastagem.

Palavras-Chave: balanço hídrico, forragicultura, Irrigação, pecuária.

INTRODUÇÃO

Produzir alimentos de qualidade e em quantidade suficiente para alimentar toda a população mundial será o maior desafio da agricultura nos tempos atuais.

A quantidade de água é um fator limitante para o crescimento das culturas de modo geral. Visto isso, a má distribuição das chuvas no Brasil, em especial na região da zona da mata que normalmente tem uma boa distribuição de chuva e vêm sofrendo com grandes períodos sem precipitação, a utilização da irrigação se torna indispensável para atingir grandes produtividades das culturas.

A evapotranspiração de referência (ET_0) é a variável chave quando se pensa em realização de balanço hídrico para manejo de irrigação, calculada por meio da equação de Penman - Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998), método estabelecido como

padrão pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), é a base para realização de técnicas de manejo de irrigação.

Utilizando também o coeficiente de cultura (K_c) juntamente com a frequência de molhamento, é possível realizar o cálculo para obter a lâmina necessária para que a demanda hídrica da planta seja atendida (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Atualmente tem crescido o interesse pela utilização de técnicas de irrigação em pastagens visando uma maior produção por área utilizada. Tal demanda tem aumentado o número de trabalhos com a intenção de avaliar os resultados da utilização de tais técnicas na produtividade das culturas forrageiras.

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar a distribuição das chuvas na cidade de Belo Horizonte – MG, simulando e comparando com a demanda hídrica da cultura da pastagem.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O balanço hídrico para a cultura da pastagem foi realizado para as condições climáticas do município de Belo Horizonte, Minas Gerais (19° 48' Sul, 43° 57' Oeste), altitude de 852,19 metros, entre os meses de janeiro a dezembro do ano de 2016.

Obtenção e tratamento dos dados

Os dados climáticos foram obtidos a partir do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (BDMEP, 2017; INMET, 2017).



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Para preenchimento de possíveis falhas de dados e cálculo da evapotranspiração utilizou-se o software CLIMA® do IAPAR (FARIA et al., 2002). Que utiliza os dados completos e históricos da estação para realizar o preenchimento de falhas com a média histórica do dia da falha presente.

Com os dados de ET_0 diária em mãos, definiu-se um K_c médio para a pastagem de 0,85 conforme metodologia GESAI, definindo a Evapotranspiração de Cultura (ET_c).

Após tal calculou-se o saldo hídrico mensal comparando a ET_c e a precipitação. Além disso, calculou-se o déficit Hídrico da cultura anulando os valores de Precipitação excessiva, considerando que não seria utilizada pela cultura.

Os dados foram plotados em tabelas e gráficos avaliando a precipitação, ET_c , e Saldo Hídrico, exibindo seus valores totais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a **tabela 1** que para o ano de 2016, classificado como ano de precipitação normal, a precipitação total da região foi de 1373,3 milímetros e uma evapotranspiração total de 1005,76 milímetros. A evapotranspiração de referência pouco variou entre os meses analisados devido ao clima da região, conseqüentemente a Evapotranspiração da cultura também variou muito pouco.

Tabela 1 – Precipitação, ET_c e Saldo Hídrico acumulado mensal (mm) para o ano de 2016.

Mês	Prec(mm)	Etc(mm)	SALDO
Jan	328,90	94,00	234,90
Fev	175,70	107,68	68,02
Mar	113,10	94,40	18,70
Abr	26,20	85,68	-59,48
Mai	0,00	53,76	-53,76
Jun	75,30	52,88	22,42
Jul	0,00	50,96	-50,96
Ag	0,40	67,60	-67,20
Set	65,40	82,88	-17,48
Out	70,70	99,20	-28,50
Nov	273,00	108,00	165,00
Dez	244,60	108,72	135,88
Total	1373,30	1005,76	367,54

Apesar do saldo positivo para o ano de 2016, percebemos pela análise da tabela a má distribuição das precipitações característica da região, que apresentando um período seco bem definido entre

abril e outubro.

Percebemos também a alta concentração das precipitações durante o mês de janeiro, aproximadamente 76% do total precipitado.

Apesar do saldo positivo para o ano de 2016 notamos pela análise da tabela que houve um saldo negativo para seis meses durante o ano. Esse resultado evidencia a importância do uso de técnicas de irrigação para obter uma boa produtividade da cultura durante os meses em questão.

A **figura 1** mostra o comportamento da precipitação e da evapotranspiração média diária da cultura.

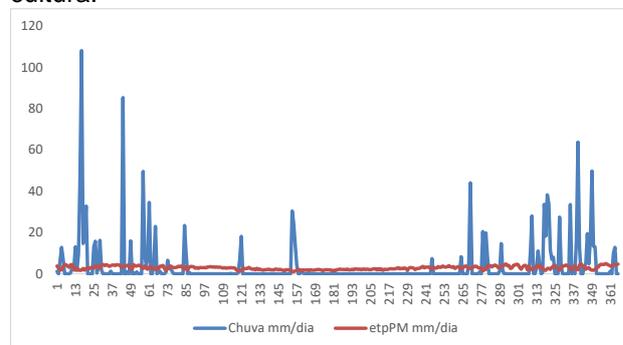


figura 1 – Distribuição de Precipitação e ET_c acumulada nos meses do ano (mm).

CONCLUSÕES

Apesar de o saldo Hídrico ser positivo para o ano de 2016, quando maior que a necessidade da cultura, a água proveniente das chuvas não é totalmente utilizada pela cultura, sendo perdida principalmente por de percolação ou escoamento superficial.

A região apresenta uma distribuição hídrica ruim ao longo do ano, sendo que nos meses abril a setembro a precipitação é quase nula, interferindo na produtividade das pastagens cultivadas, e conseqüentemente em uma menor qualidade para a atividade a qual ela esta sendo utilizada.

A concentração de chuvas acentuada em certos meses do ano indica a necessidade de uso de práticas de manejo visando à preservação do solo, e redução de processos como a erosão e lixiviação no perfil de solo. Com estas práticas ainda, temos uma melhor infiltração de água para abastecimento do lençol freático.

AGRADECIMENTOS

Ao GESAI que contribuiu para a realização deste trabalho, ao CNPq pela bolsa a mim concedida e a CAPES pelas bolsas concedidas aos co-autores deste trabalho.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998.

BDMEP. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: Ed. UFV, 2006.

FARIA, R. T. DE et al. CLIMA-programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. **Boletim Técnico IAPAR**, Londrina. n. 66, p. 29, 2002.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Dados meteorológicos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 2 fev. 2017.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE PONTAS DO TIPO LEQUE EM FUNÇÃO DA ALTURA E DO ESPAÇAMENTO

Adolfo Henrique Afonso Mota Almeida¹, Marconi Ribeiro Furtado Júnior², Germano Antonio Viegas Oliveira³, Moisés Gonçalves de Sousa Neto⁴, Anderson Candido da Silva⁵

¹Discente de graduação em Agronomia - UFV. Estagiário no Setor de Mecanização Agrícola. e-mail: adolfoalmeida92@hotmail.com;

²Professor do Departamento de Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: marconi.furtado@gmail.com; ³Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail: viegas.germano@gmail.com; ⁴Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail: moises.neto@ufv.br;

⁵Doutorando em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: andersoncandido@hotmail.com

RESUMO: A qualidade da aplicação de defensivos com pulverizadores de barras está condicionada à uniformidade de distribuição ao longo da barra de pulverização. A sobreposição entre os jatos formados pelas pontas é fundamental para garantir uma boa uniformidade e depende basicamente do espaçamento e da altura de aplicação. Objetivou-se com este trabalho avaliar a uniformidade de distribuição de líquido de pulverizadores hidráulicos de barras em função do espaçamento e da altura de operação das pontas hidráulicas. A uniformidade de distribuição foi obtida em bancada de testes padronizada, específica para a avaliação da uniformidade de distribuição em barras de pulverização. As pontas avaliadas foram da marca Jacto[®] modelo JSF 11004, montadas na barra de pulverização da bancada de teste e ajustadas para operar com pressão de 3,0 bar. Os tratamentos constituíram-se da combinação entre três espaçamentos entre pontas (0,3, 0,5 e 0,7 m) e três alturas de trabalho (0,3, 0,5 e 0,7 m), no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. A uniformidade de distribuição foi avaliada por meio do coeficiente de variação (CV) do volume depositado nos coletores da bancada de testes. A melhor uniformidade foi obtida na combinação entre a altura de 0,7 m e o espaçamento de 0,5 m, com CV médio de 1,87%. A situação mais desuniforme foi observada na combinação entre a altura de 0,3 m e o espaçamento de 0,7 m, com CV médio de 61,71%. Apenas três combinações excederam o CV máximo de 9% sugerido pela comunidade europeia, não sendo indicados para aplicação de defensivos agrícolas.

Palavras-Chave: atomização hidráulica, coeficiente de variação, pulverização, uniformidade

INTRODUÇÃO

A utilização correta de defensivos agrícolas é crucial para elevar a produtividade das culturas e garantir alimento para a população mundial a preços mais favoráveis, sendo na atualidade o recurso largamente utilizado para a redução dos problemas fitossanitários. Entretanto, a falta de critérios no uso de defensivos pode proporcionar uma série de fatores desfavoráveis como a poluição do solo, da água e do ar, além do risco de contaminação humana (RASMUSSEN et al., 2015; BLANKSON et al., 2016).

Pulverizadores de barras são equipamentos agrícolas para aplicação de defensivos que apresentam princípio hidráulico de formação de gotas, sendo a calda pressurizada e direcionada para dispositivos com orifícios de seção reduzida, denominadas de pontas hidráulicas de pulverização. Essas pontas hidráulicas são dispostas de forma equidistante nas barras do pulverizador, num espaçamento tal que propicie a sobreposição das faixas de aplicação de cada uma delas e alcance dessa maneira a uniformidade adequada de aplicação ao longo das barras.

A uniformidade de aplicação da calda ao longo da barra de pulverização é frequentemente analisada pelo coeficiente de variação (CV), um parâmetro estatístico que expressa em porcentagem à razão entre o desvio-padrão e a média dos valores de uma amostra. Menores valores de coeficiente de variação indicam maior uniformidade de distribuição ao longo da barra de pulverização, sendo comum adotar-se um limite máximo de 9% para esse parâmetro, valor esse que proporciona uma uniformidade de distribuição suficiente para uma aplicação satisfatória e



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

eficiente de defensivos agrícolas (OOMS et al., 2003; FERGUSON et al., 2015).

Objetivou-se com este trabalho avaliar a uniformidade de distribuição de líquido de pontas hidráulicas do tipo leque em função do espaçamento e da altura de operação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Aplicação de Defensivos Agrícolas, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa – UFV, localizada no município de Viçosa, Minas Gerais. Foi avaliada a uniformidade de distribuição de líquido em pulverizadores hidráulicos de barras em função da altura e do espaçamento das pontas. O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial e com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos da combinação entre três alturas de aplicação (0,3; 0,5 e 0,7 m) e três espaçamentos entre pontas (0,3; 0,5 e 0,7 m).

As pontas avaliadas foram da marca Jacto® modelo JSF 11004, com ângulo de abertura de 110° e vazão nominal de 1,51 L.min⁻¹. Foi utilizada uma bancada de testes padrão e específica para a determinação da uniformidade de distribuição (Figura 1). Tal bancada é constituída por 60 canaletas de 5 cm de largura, que coletam o líquido pulverizado e o direcionam provetas graduadas, onde é feita a leitura do volume depositado em cada canaleta. A barra de pulverização da bancada é composta por cinco bocais com espaçamento ajustável para acoplamento das pontas, mecanismo para ajuste da altura e sistema para monitorar/controlar a pressão de pulverização.



Figura 1. Bancada de testes utilizada no experimento.

A uniformidade de distribuição foi expressa através do coeficiente de variação (CV) do volume

coletado nas provetas da bancada de testes, calculado de acordo com a Equação 1.

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (v_i - \frac{\sum v_i}{n})^2}}{\frac{\sum v_i}{n}} \quad (1)$$

em que:

CV = coeficiente de variação (%);

v_i = volume individual coletado em cada proveta (mL); e,

n = número de provetas amostradas.

Para a realização dos procedimentos estatísticos foi utilizado o programa computacional R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A uniformidade de distribuição obtida com cada espaçamento na altura de 0,3 m está apresentada na Figura 2. Nessa altura apenas o espaçamento de 0,3 m resultou em uniformidade de distribuição compatível com os padrões internacionais, com valor de CV de 8,26%.

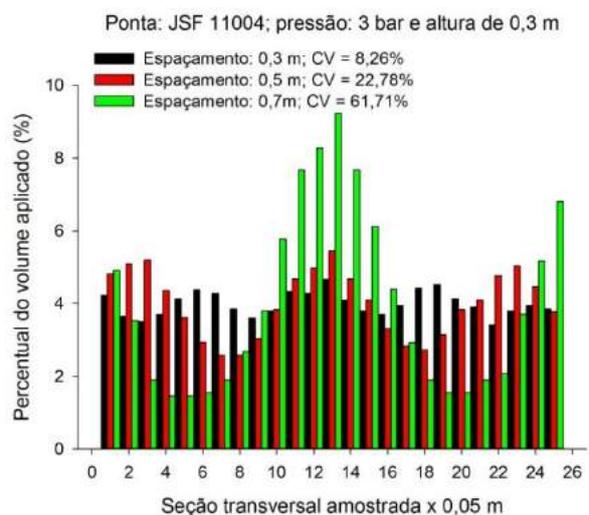


Figura 2. Uniformidade de distribuição e coeficiente de variação para a combinação entre os espaçamentos avaliados e a altura de 0,3m.

Para a altura de 0,5 m, os espaçamentos de 0,3 e 0,5 m produziram uniformidade de distribuição adequada, com valores de CV de 8,97% e 5,16%, respectivamente (Figura 3). Apesar do CV do espaçamento de 0,7 m ter continuado fora do patamar recomendado, o mesmo apresentou uma redução do valor em relação à altura de 0,3 m, o



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

que indica melhoria na uniformidade de distribuição.

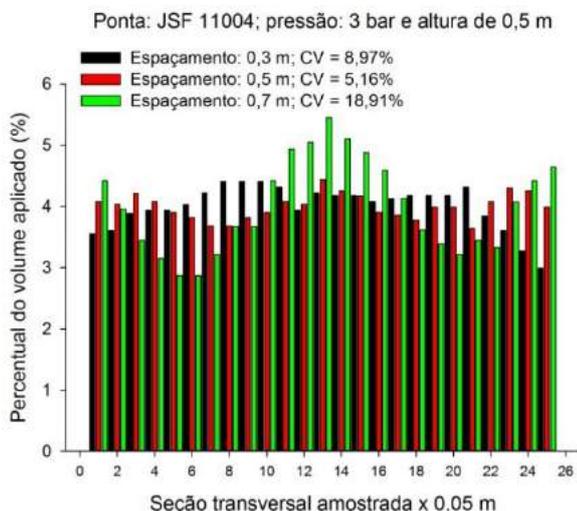


Figura 3. Uniformidade de distribuição e coeficiente de variação para a combinação entre os espaçamentos avaliados e a altura de 0,5 m.

Na altura de 0,7 m, todos os espaçamentos forneceram uniformidade adequada de aplicação transversal de líquido, conforme apresentado na Figura 4.

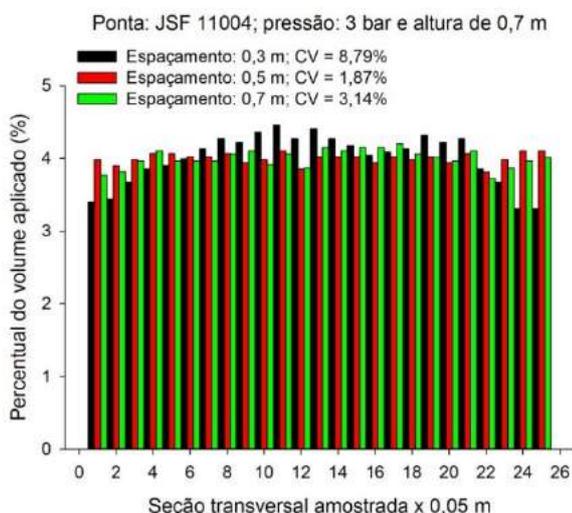


Figura 3. Uniformidade de distribuição e coeficiente de variação para a combinação entre os espaçamentos avaliados e a altura de 0,7 m.

A uniformidade de distribuição de líquido por pontas que produzem jato com padrão plano (leque) é dependente da sobreposição entre os jatos adjacentes. A sobreposição é afetada basicamente pelo espaçamento e pela faixa de aplicação das pontas da barra de pulverização.

A faixa de aplicação de cada ponta é função do ângulo de abertura do jato e da altura do ponto de

lançamento em relação ao alvo. Como as pontas avaliadas apresentam o mesmo ângulo de abertura, apenas a altura de aplicação tem efeito no tamanho da faixa aplicada. A redução da altura proporciona o encurtamento da faixa de aplicação, culminando no decréscimo do percentual de sobreposição entre as faixas das pontas ao longo da barra e da uniformidade da distribuição de líquido. Os resultados encontrados no trabalho são pertinentes aos encontrados na literatura científica especializada.

CONCLUSÕES

A utilização de relação altura/espaçamento próximo a um melhora a uniformidade de distribuição.

Na altura de 0,7 m todos os espaçamentos avaliados produziram coeficiente de variação inferior a 9,0%, valor sugerido pelo Comitê Europeu de Normalização.

Na altura de 0,5 m, o espaçamento de 0,7 m não é recomendado para aplicações de defensivos devido à falta de uniformidade.

Na altura de 0,3 m apenas o espaçamento de 0,3 m produziu uniformidade satisfatória.

REFERÊNCIAS

- BLANKSON, G. K.; OSEI-FOSU, P.; ADEENDZE, E. A.; ASHIE, D. Contamination levels of organophosphorus and synthetic pyrethroid pesticides in vegetables marketed in Accra, Ghana. **Food Control**, v. 68, p. 174-180, 2016.
- FERGUSON, J. C.; O'DONNELL, C. C.; CHAUHAN, B. S.; ADKINS, S. W.; KRUGER, G. R.; WANG, R.; URACH FERREIRA, P. H.; HEWITT, A. J. Determining the uniformity and consistency of droplet size across spray drift reducing nozzles in a wind tunnel. **Crop Protection**, v. 76, p. 1-6, 2015.
- FERGUSON, J. C.; CHECHETTO, R. G.; HEWITT, A. J.; CHAUHAN, B. S.; ADKINS, S. W.; KRUGER, G. R.; O'DONNELL, C. C. Assessing the deposition and canopy penetration of nozzles with different spray qualities in an oat (*Avena sativa* L.) canopy. **Crop Protection**, v. 81, p. 14-19, 2016.
- OOMS, D.; RUTER, R.; LEBEAU, F.; DESTAIN, M. F. Impact of the horizontal movements of a sprayer boom on the longitudinal spray distribution in field conditions. **Crop Protection**, v. 22, n. 6, p. 813-820, 2003.
- RASMUSSEN, J. J.; WIBERG-LARSEN, P.; BAATTRUP-PEDERSEN, A.; CEDERGREEN, N.; MCKNIGHT, U. S.; KREUGER, J.; JACOBSEN, D.; KRISTENSEN, E. A.; FRIBERG, N. The legacy of pesticide pollution: An overlooked factor in current risk assessments of freshwater systems. **Water Research**, v. 84, p. 25-32, 2015.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

UTILIZAÇÃO EFETIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA COM MÉTODOS NÃO-CONVENCIONAIS PARA ITANHANGÁ-MT

Igor Lopes de Faria¹, Santos Henrique Brant Dias², Filliph Gomes Palma³, Francisco Cássio Gomes Alvino⁴, Thiago Ferreira Rodrigues⁵, Patrick Ágton de Oliveira⁶, Igor Boninsenha⁷; Caio Vieira de Moraes⁸; Gustavo Henrique da Silva⁹, Catariny Cabral Aleman¹⁰

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: igorbenks@gmail.com; ²Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: santosdiasagro@gmail.com. ³Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental. E-mail: filliph.palma@gmail.com; ⁴Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: cassioalvino@hotmail.com; ⁵Discente de graduação em Agronomia - UFV. E-mail: thiagof.agro@outlook.com; ⁶Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: patrick.agton@ufv.br; ⁷Discente de graduação em Agronomia - UFV. E-mail: iboninsenhal@gmail.com; ⁸Discente de graduação em Agronomia - UFV. E-mail: caio.morais95@gmail.com; ⁹Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: dasilva.h.gustavo@gmail.com; ¹⁰Docente do Departamento de Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: catariny@ufv.br.

RESUMO: A determinação da evapotranspiração de referência é um problema compartilhado por várias ciências que estudam o sistema solo-planta-atmosfera. Existem diversos métodos para a sua estimativa, como o modelo proposto por Penman-Monteith, e os modelos de Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor. Este trabalho teve como objetivo comparar os modelos matemáticos dos métodos com o modelo padrão para a estimativa diária da evapotranspiração e realização de seu ajuste para Itanhangá-MT. Para a estimativa da evapotranspiração de referência foram utilizados dados da estação meteorológica de Gleba Celeste. Foi realizada a avaliação estatística com base em diferentes índices estatísticos que apresentam diferentes funções de avaliações. Por esta avaliação, o método de Priestley-Taylor se mostrou mais eficiente do que o método de Hargreaves-Samani, pois o primeiro apresentou valores mais próximos dos valores obtidos pelo método padrão.

Palavras-Chave: penman-monteith, hargreaves-samani, priestley-taylor, ET_0

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é um termo usado para descrever o processo de transferência de água para a atmosfera, resultante da evaporação do solo e da transpiração dos vegetais.

O estudo da evapotranspiração é importante para o planejamento agrícola, sendo cada vez maior a exigência de informações sobre as necessidades hídricas das culturas para o planejamento regional e preliminar de projetos (MOURA et al., 2013).

A evapotranspiração de referência (ET_0) é um dos componentes de saída do balanço hídrico, portanto sua determinação de forma precisa, é um fator de extrema importância no manejo da agricultura irrigada, considerando que as lâminas de irrigação são quantificadas a partir do balanço

hídrico, que utilizam a ET_0 como referência.

Com o conhecimento das variáveis meteorológicas registradas nas estações convencionais ou automáticas, é possível a quantificação da ET_0 , que possibilita conhecer os potenciais hídricos diários, mensais e anuais de uma região, necessária para satisfazer as necessidades reais hídricas das culturas a serem implantadas (FERNANDES et al., 2009).

A determinação da ET_0 é um problema compartilhado por várias ciências que estudam o sistema solo-planta-atmosfera (FERNANDES et al., 2009).

Existem diversos métodos para a estimativa de ET_0 , como o modelo proposto por Penman-Monteith (PM), padronizado pela *Food and Agriculture Organization* (FAO), que é o método de maior precisão atualmente. Apesar de sua estimativa precisa, o método apresenta dificuldades para a obtenção das diversas variáveis climáticas utilizadas na sua determinação, sendo que em algumas localidades as estações climáticas não disponibilizam todas estas variáveis, tanto por falhas sistemáticas quanto por falta de equipamentos.

Outros métodos que apresentam boa confiabilidade são os modelos de Hargreaves-Samani (HS) e Priestley-Taylor (PT), os quais consideram dados de temperatura, e dados de umidade relativa, temperatura e radiação, respectivamente, sendo a obtenção destes parâmetros mais simples, tornando a utilização destes modelos mais prática.

O presente trabalho tem por objetivo comparar os modelos matemáticos de HS e PT com o modelo de Penman-Monteith padronizado pela FAO (PM-FAO 56) para a estimativa diária de evapotranspiração e ajustá-los para Itanhangá-MT.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

MATERIAL E MÉTODOS

Local e base de dados

Para a estimativa de ET_0 foram utilizados dados da estação meteorológica de Gleba Celeste (Lat. -12,28; Long. -55,29), a 415m de altitude, no município de Itanhangá-MT.

Os dados da estação foram obtidos através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes ao período de 06/07/1972 a 30/04/2014 (BDMEP, 2017; INMET, 2017).

Tratamentos e amostragens

O cálculo da evapotranspiração foi realizado pelo software CLIMA[®] do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) (FARIA et al., 2002). O software realiza o preenchimento de todas as falhas e faz os cálculos dos métodos de evapotranspiração de referência analisados.

A estimativa de ET_0 pelo método PM-FAO 56 foi utilizada como padrão de referência, sendo feita a comparação de seus resultados com os resultados obtidos das estimativas pelos métodos de HS e PT, além de ter sido feita uma correção dos dados por meio do modelo linear.

Os dados obtidos por PM-FAO 56 foram plotados no eixo das ordenadas (variável dependente) e os dados obtidos pelos modelos de HS e PT foram plotados no eixo das abscissas (variável independente).

Através das equações geradas, os dados foram mais uma vez correlacionados com a equação de PM-FAO 56. A **Figura 1** apresenta os gráficos da correlação linear entre os métodos citados.

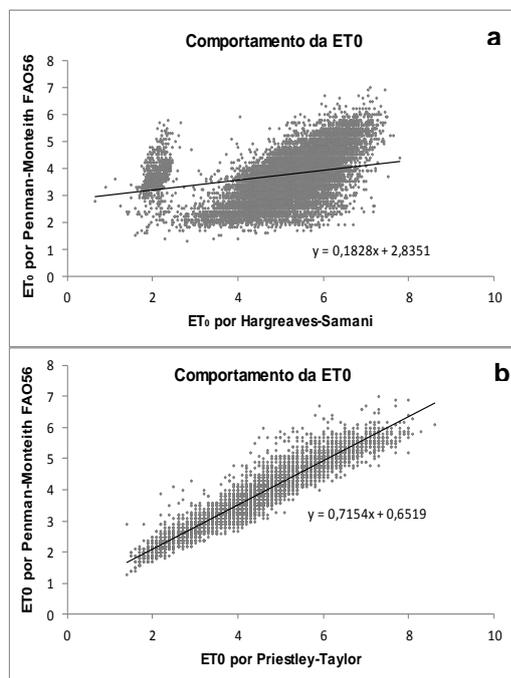


Figura 1.: a. Regressão linear entre o método PM-FAO 56 e HS. b. Regressão linear entre o método PM-FAO 56 e PT.

Análises estatísticas

As avaliações estatísticas foram realizadas com base em diferentes índices estatísticos que apresentam diferentes funções de avaliações. O R^2 indica o poder preditivo da reta de regressão associada entre duas variáveis, muitas vezes não é o mais ideal, pois algumas variáveis não têm comportamento linear.

O erro médio quadrático (RMSE), expresso em $mm.dia^{-1}$, fornece uma medida da magnitude média do erro através da diferença quadrática entre os dados estimados e observados, o erro médio absoluto (MAE), expresso em $mm.dia^{-1}$, fornece um valor médio dos erros absolutos, ambas variam de 0 a $+\infty$ e quantificam o erro com as mesmas unidades da variável original. O RMSE dá um peso relativamente alto aos grandes erros evidenciando a presença de outliers, útil quando grandes erros são particularmente indesejáveis (WILKS, 2011; WILLMOTT; MATSUURA, 2005).

O erro viés médio (MBE), expresso em $mm.dia^{-1}$, é indicando para visualizar as tendências de subestimativas ou superestimativas, o eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE) é usado para avaliar o poder preditivo do modelo, variar entre $-\infty$ e 1, e 1 corresponde o ajuste perfeito entre os dados estimados pelo modelo com os dados medidos (MORIASI et al., 2007; WILLMOTT, 1982).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Figura 2** são apresentados os valores de RMSE, R^2 , MAE, NSE e MBE e antes e depois da correção para os métodos de PT e HS.

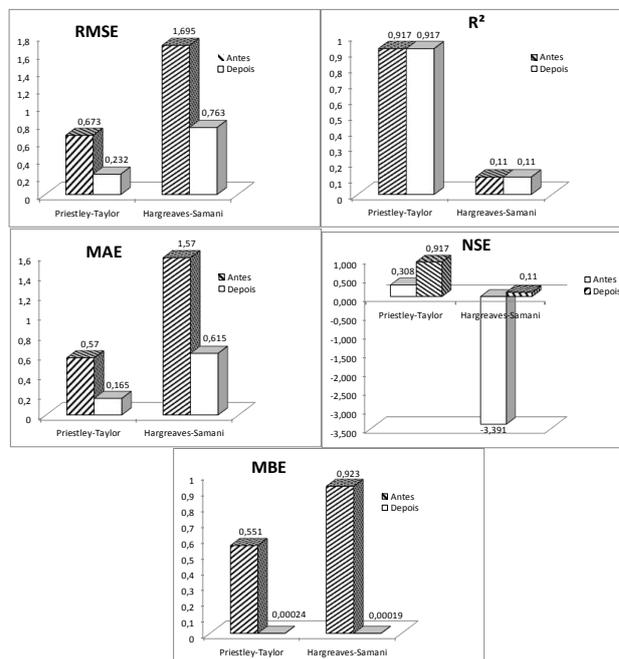


Figura 2. Valores de RMSE, R^2 , MAE, NSE e MBE antes e depois da correção dos dados.



II SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Observou-se que o RMSE após a correção diminuiu consideravelmente para os dois métodos, ocasionando em um aumento na exatidão de ambos para a determinação de ET_0 para Itanhangá-MT.

Em posse dos valores após a correção, conclui-se que o método de PT obteve menores valores de RMSE comparados com o método de HS, o que indica um menor erro total e consequentemente maior precisão ao se utilizar o método de PT.

Para o índice R^2 , foram obtidos valores de 0,917 e 0,11 antes e depois da correção dos dados, para os métodos de PT e HS, respectivamente (**Figura 2**). Logo, o primeiro possui maior correlação com o método padrão PM-FAO 56.

Os valores de MAE representam o valor médio dos erros absolutos, logo, conclui-se que o método de HS possui erros consideravelmente maiores do que os de PT. Antes da correção, os valores eram 0,57 e 1,57, respectivamente. O que indica uma significativa redução do erro após a correção.

Os valores de NSE depois da correção diminuíram bastante para os dois métodos. Os valores indicam que o método PT possui bom poder preditivo, diferentemente do método HS.

Os valores de MBE chegaram próximos a 0 após a correção, o índice é utilizado para identificar se o método sub ou superestima a predição, nesta situação os dois métodos superestimam os resultados.

CONCLUSÕES

O método de Priestley-Taylor (PT) apresentou melhores resultados do que o método de Hargreaves-Samani (HS), quando utilizado para Itanhangá-MT, pois os resultados obtidos com seu uso, tanto antes quanto após a correção (calibração), se aproximaram melhor estatisticamente, através dos índices analisados, do método padrão Penman-Monteith (PM-FAO 56).

Ambos os métodos obtiveram melhores resultados após a calibração.

AGRADECIMENTOS

Ao GESAI que contribuiu para a realização deste trabalho. Ao CNPq, CAPES e ao Programa de Educação Tutorial (PET), através SESu/MEC pelas bolsas concedidas ao autor e coautores do trabalho.

REFERÊNCIAS

BDMEP. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdme>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

FARIA, R. T. DE et al. CLIMA-programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. **Boletim Técnico IAPAR**, Londrina. n. 66, p. 29, 2002.

FERNANDES, D. et al. **Comparação entre dois métodos de estimativa de evapotranspiração de referência para Santo Antônio de Goiás, GO: Hargreaves versus Penman-Monteith**. Mudanças climáticas globais: efeitos sobre o tempo e clima regional. **Anais...** In: ENCONTRO SUL BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS: Embrapa Arroz e Feijão, 2009

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Dados meteorológicos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

MORIASI, D. N. et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Transactions of the ASABE**, v. 50, n. 3, p. 885–900, 2007.

MOURA, A. R. C. et al. Evapotranspiração de referência baseada em métodos empíricos em bacia experimental no estado de Pernambuco - Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 2, p. 181–191, jun. 2013.

WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. Oxford; Waltham, MA: Academic Press, 2011.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin American Meteorological Society**, v. 30, p. 1309–1310, 1982.

WILLMOTT, C.; MATSUURA, K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. **Climate Research**, v. 30, p. 79–82, 2005.



II SIMÉAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

USO DO ARMAZENAMENTO HERMÉTICO PARA CONTROLE DE INSETOS-PRAGA E CONSERVAÇÃO DE GRÃOS DE MILHO

Míria Grasielle Casado da Silva¹, Maksaila Soares Gomes da Silva¹, Artur Oliveira Abreu¹, Gutierrez Nelson Silva²

¹Discentes de graduação em Agronomia - IFMA. Bolsistas de Iniciação Científica do IFMA/FAPEMA. e-mail: miriagrazielle.agro@gmail.com; maksailasoares@outlook.com e arttur93@gmail.com; ²Professor do Curso de Agronomia - IFMA. e-mail: gutierrez.silva@ifma.edu.br.

RESUMO: Objetivou-se com este estudo avaliar o uso de atmosfera modificada pelo armazenamento hermético para controlar insetos-praga e manutenção da qualidade de milho durante o armazenamento. Os grãos de milho foram armazenados em três condições de tratamentos: silo tipo bolsa, garrafas pet e recipientes de vidro (controle). Os tratamentos foram armazenados durante 0, 10, 20, 30 e 40 dias. Para cada tratamento foram utilizadas quatro repetições. A cada período de armazenamento foram realizadas análises de infestação por insetos-praga, teor de água, massa específica aparente e condutividade elétrica. A espécie de inseto que infestou os grãos de milho foi o *Sitophilus zeamais*. No tratamento controle e silo tipo bolsa, observou-se um aumento significativo no índice de infestação ao longo do período de armazenamento. No tratamento com garrafas pet não foi constatada presença de insetos. O armazenamento de grãos de milho em garrafas PET preservou durante 60 dias a qualidade dos grãos. Concluiu-se que o armazenamento hermético de milho usando garrafas pet foi eficiente no controle *S. zeamais* e manutenção da qualidade dos grãos durante 60 dias de armazenamento.

Palavras-Chave: atmosfera modificada, garrafa pet, silo bolsa, *Sitophilus zeamais*

INTRODUÇÃO

Apesar do milho ser um dos principais produtos da agricultura nacional, tendo papel importante na alimentação humana e de animais, ainda são registradas grandes perdas durante o armazenamento, devido a insetos, fungos e roedores (Pimentel & Fonseca, 2011). Os insetos-praga de grãos armazenados são responsáveis por consideráveis perdas, tanto de natureza qualitativa como quantitativa.

O controle químico tem sido a forma mais utilizada para o controle de pragas de produtos armazenados. Porém, o uso contínuo e indiscriminado destes inseticidas tem favorecido o desenvolvimento de populações de insetos resistentes (Pimentel et al., 2009). Deste modo, torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisas visando à obtenção de técnicas alternativas durante o armazenamento, dentre as quais destaca-se o armazenamento em ambiente hermético.

No armazenamento hermético, forma-se um ambiente letal, pois ocorre baixo teor de oxigênio e alto teor de CO₂, isso ocorre devido à respiração da semente, insetos e microrganismos (Navarro, 2012). Esse sistema não representa grandes custos ao agricultor, pois a armazenagem pode ser feita em embalagens recicladas ou reutilizadas que permitam vedação.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar o uso de atmosfera modificada pelo armazenamento hermético como técnica para controlar insetos-praga e manutenção da qualidade de grãos milho durante o armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, Campus Codó, localizado no município de Codó, MA. Foram utilizados grãos de milho (*Zea mays*), obtido de um pequeno agricultor da região.

Armazenamento hermético

Os grãos de milho foram armazenados em três condições: (1) bolsas plásticas impermeáveis, confeccionadas com material a base de polietileno, com capacidade para 500 g (silo tipo bolsa); (2) garrafas pet transparentes com capacidade para 0,6 L; e (3) recipientes de vidro transparente, com capacidade para 1,2 L (controle).

As unidades experimentais do tratamento com silo

tipo
bolsa e



II SIMEAA

bolsa

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

garrafas pet foram hermeticamente fechadas. As unidades experimentais do tratamento controle foram fechadas com tecido tipo organza, a fim de permitir as trocas gasosas.

Os tratamentos foram armazenados durante 0, 15, 30, 45 e 60 dias, em câmaras climáticas. Para cada tratamento foram utilizadas quatro repetições. Foram analisados a seguintes características: índice de infestação por insetos-praga, teor de água, massa específica aparente e condutividade elétrica dos grãos de milho. Todas as análises foram determinadas de acordo com as Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009).

Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi realizado utilizando o delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos (silo tipo bolsa, garrafa pet e o controle) e nas subparcelas os períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Os dados foram submetidos à análise de regressão.

Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes, utilizando-se o teste "t", no coeficiente de determinação (R^2) e no fenômeno biológico. Utilizou-se o programa Sigma Plot 11.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A espécie de inseto que infestou os grãos de milho ao longo do armazenamento foi o *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae).

Apresentam-se, na **FIGURA 1**, as curvas de regressão que descrevem o comportamento de índice de infestação de *S. zeamais* nos diferentes tratamentos, após 60 dias de armazenamento. No tratamento controle e silo tipo bolsa, observou-se aumento significativo nessa característica ao longo do armazenamento. Esse incremento foi maior no tratamento controle. No tratamento com garrafas pet, a curva apresentou o mesmo comportamento, após 60 dias de armazenamento. Não foi constatado presença de insetos no tratamento com garrafas pet, demonstrando assim, elevada eficiência no controle.

Em condições herméticas ocorre baixo teor de oxigênio e alto teor de CO_2 , devido à respiração da semente, insetos, sendo, assim, formação de um ambiente letal para insetos (Navarro, 2012). Resultados análogos foram reportados por Freitas et al. (2016), esses autores observaram controle de insetos-praga nos tratamentos com garrafas pet até 120 dias de armazenamento de feijão.

Verificou-se redução significativa na massa específica aparente dos grãos ao longo do armazenamento, no tratamento controle e silo tipo

(**Figura 2A**). E aumento significativo no tratamento controle para as características de teor de água e condutividade elétrica (**Figura 2B**, **Figura 2C**). Observou-se pequena variação ao longo do armazenamento para essas três características no tratamento com garrafas pet.

Uma das principais causas de redução da qualidade dos grãos durante o armazenamento são os insetos. Desse modo, sugere-se que o elevado teor de água, condutividade elétrica e o reduzido valor médio de massa específica aparente observado nos grãos de milho no tratamento controle pode ser justificado pela presença de *S. zeamais*. Resultados sobre danos causados por insetos nessas três características foram reportados por Freitas et al. (2016).

CONCLUSÕES

O armazenamento hermético de milho usando garrafas pet foi eficiente no controle da espécie de inseto *S. zeamais* e manutenção da qualidade dos grãos de milho durante 60 dias de armazenamento. No tratamento com garrafas pet não foi constatada presença dessa espécie de inseto.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395 p.
- FREITAS, R. S.; FARONI, L. R. A.; SOUSA, A. H. HERMETIC STORAGE FOR CONTROL OF COMMON BEAN WEEVIL, *Acanthoscelides obtectus* (Say). **Journal of Stored Products Research**, v. 66, p. 1-5, 2016.
- NAVARRO, S. ADVANCED GRAIN STORAGE METHODS FOR QUALITY PRESERVATION AND INSECT CONTROL BASED ON AERATED OR HERMETIC STORAGE AND IPM. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 49, p. 13-20, 2012.
- PIMENTEL, M. A. G.; FONSECA, M. J. O. CULTIVO DO MILHO: SISTEMA DE PRODUÇÃO. **EMBRAPA**, VERSÃO ELETRÔNICA - 7ª ED, 2011.
- PIMENTEL, M. A. G.; FARONI, L. R. A.; GUEDES, R.N.C.; SOUSA, A. H.; TÓTOLA, M. R. PHOSPHINE RESISTANCE IN BRAZILIAN POPULATIONS OF *Sitophilus zeamais* MOTSCHUSKY (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE). **Journal of Stored Products Research**, v. 45, p. 71-74, 2009.



II SIMEEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

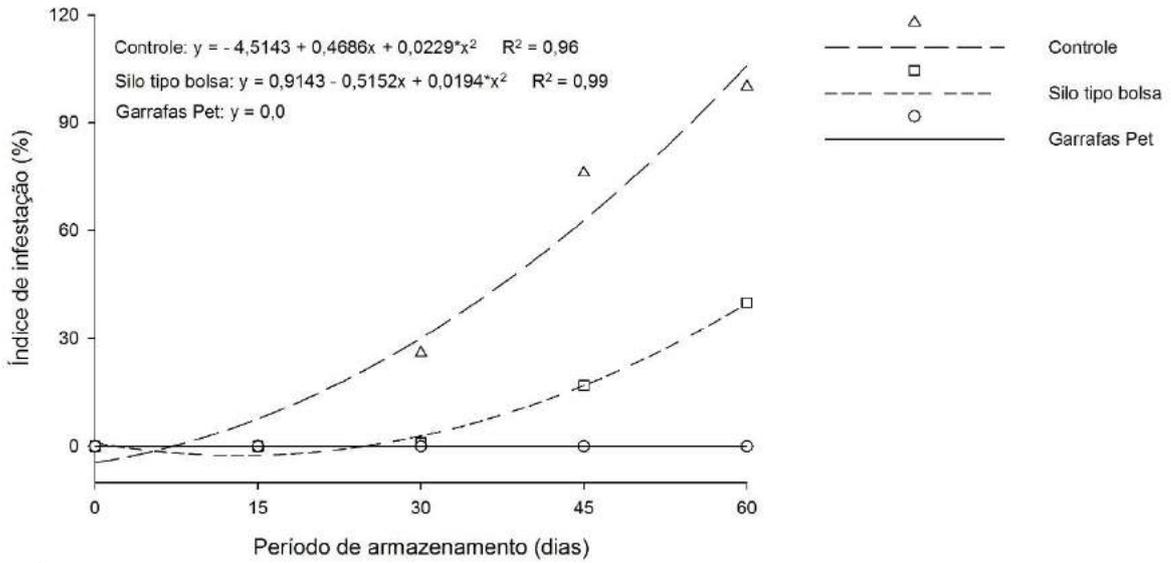


Figura 1. Índice de infestação por *Sitophilus zeamais* em grãos de milho armazenados em silos tipo bolsa, garrafas pet e controle ao longo do armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias).

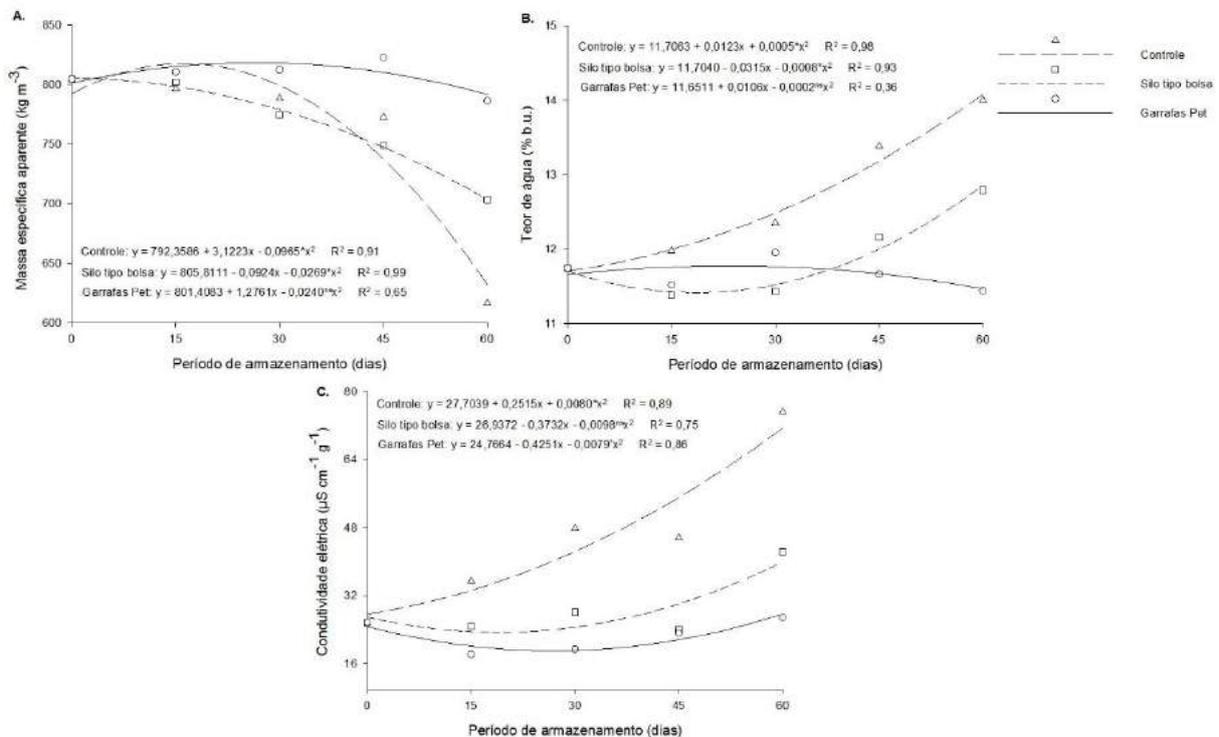


Figura 2. Massa específica aparente (A), teor de água (B) e condutividade elétrica dos grãos (C) de milho em diferentes formas de armazenamento (controle, silo tipo bolsa e garrafas pet) ao longo do armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias).

Anais do II Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

REALIZAÇÃO



Centro Acadêmico de Engenharia
Agrícola e Ambiental

APOIO

