

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 30/11/2018.

MARCELO SCANTAMBURLO DENADAI

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA UMIDADE EM FARDOS DE PALHIÇO DE
CANA-DE-AÇÚCAR E ECONOMICIDADE DE PROCESSOS DE RECOLHIMENTO**

Botucatu

2018

MARCELO SCANTAMBURLO DENADAI

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA UMIDADE EM FARDOS DE PALHIÇO DE
CANA-DE-AÇÚCAR E ECONOMICIDADE DE PROCESSOS DE RECOLHIMENTO**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP -
Campus de Botucatu, para obtenção do
título de Doutor em Agronomia (Energia na
Agricultura).

Orientador: Prof. Dr. Saulo Philipe
Sebastião Guerra

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

D391c Denadai, Marcelo Scantamburlo, 1990-
Caracterização e avaliação da umidade em fardos de palhiço de cana-de-açúcar e economicidade de processos de recolhimento / Marcelo Scantamburlo Denadai. - Botucatu: [s.n.], 2018
68 p.: fots. color., ils. color., grafs. color., tabs.

Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018
Orientador: Saulo Philipe Sebastião Guerra
Inclui bibliografia

1. Enfardamento. 2. Triturador frontal. 3. Custos. 4. Rentabilidade. 5. Biomassa agrícola. I. Guerra, Saulo Philipe Sebastião. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

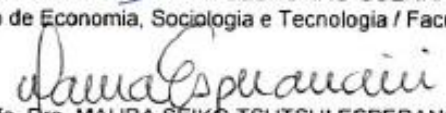
TÍTULO DA TESE: CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA UMIDADE EM FARDOS DE PALHIÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E ECONOMICIDADE DE PROCESSOS DE RECOLHIMENTO

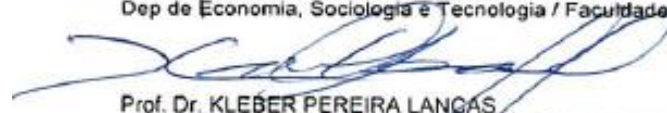
AUTOR: MARCELO SCANTAMBURLO DENADAI

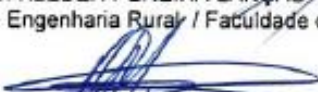
ORIENTADOR: SAULO PHILIPPE SEBASTIÃO GUERRA

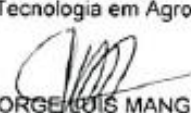
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. SAULO PHILIPPE SEBASTIÃO GUERRA
Dep de Economia, Sociologia e Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu


Profa. Dra. MAURA SEIKO TSUTSUI ESPERANCINI
Dep de Economia, Sociologia e Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrônômica - UNESP


Prof. Dr. KLEBER PEREIRA LANÇAS
Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônômica - UNESP


Prof. Dr. GUSTAVO KIMURA MONTANHA
Depto de Tecnologia em Agronegócio / FATEC


Prof. Dr. JORGE LUIS MANGOLINI NEVES
Divisão Agrícola - Projeto SUCRE / CTBE/CNPEM

Botucatu, 30 de maio de 2018

À minha família, Santo, Jandira e Daniela,
dedico esta tese.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelas bênçãos e proteção concedidas.

À Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP) – Campus de Botucatu e aos seus servidores que, diretamente ou indiretamente, me proporcionaram toda estrutura necessária para a execução do projeto.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Saulo Philipe Sebastião Guerra, pela constante orientação e conselhos nestes seis anos de convivência na pós-graduação.

Às professoras doutoras Maura Seiko Tsutsui Esperancini e Célia Regina Lopes Zimback, aos professores doutores Kléber Pereira Lanças, Marcelo de Almeida Silva e Gustavo Kimura Montanha, ao Dr. Jorge Luís Mangolini Neves, e à professora mestra Letícia Diniz Vieira, por todas as contribuições feitas na qualificação e defesa desta tese.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa concedida.

A todos os docentes e servidores do Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia pelos conhecimentos, conselhos e risadas nestes anos de convivência diária.

À empresa Agrícola Três Lagoas, em nome do Sr. Marcos Luís Geraldi, que disponibilizou toda a infraestrutura necessária para a realização deste trabalho.

À toda equipe do Laboratório Agroflorestal de Biomassa e Bioenergia (LABB/IPBEN) pela amizade, companheirismo e ajuda, fora e dentro do âmbito acadêmico.

Aos meus pais, Santo Denadai Sobrinho e Jandira Scantamburlo Denadai, e irmã, Daniela Scantamburlo Denadai, por sempre estarem ao meu lado me aconselhando em todos os momentos.

Meus mais sinceros agradecimentos a cada um.

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez”.

(George Bernard Shaw)

RESUMO

A cana-de-açúcar é plantada em 23 estados brasileiros totalizando mais de 10,2 milhões de hectares, e para cada hectare existem em torno de 10 toneladas de palhiço (bs), biomassa resultante da colheita mecanizada. O aproveitamento deste material é importante economicamente devido à quantidade disponível, diversificação da matriz energética, geração de energia elétrica, e produção de etanol e de papel. Devido à entressafra na produção de cana-de-açúcar, é necessário a estocagem dos fardos produzidos em grandes pilhas por até um ano, sendo a forma mais adequada de armazenamento de fardos de palhiço ainda desconhecida, o que proporcionou incêndios de grandes proporções em algumas usinas. Com o objetivo de proporcionar técnicas mais eficientes no armazenamento de palhiço, foi avaliada, a partir de técnicas geoestatísticas, a distribuição da umidade no interior de pilhas armazenadas em campo, sem cobertura, em duas densidades de enfardamento, três quantidades de água acumuladas de precipitações, e à picagem ou não do palhiço antecedendo o enfardamento. Também, foi analisada a viabilidade econômica entre duas rotas de aproveitamento do palhiço, desde o campo até a indústria, diferindo-se pelo momento em que é realizada a trituração do palhiço. Em todos os tratamentos avaliados foi observada a existência de dependência espacial, sendo possível a utilização de métodos geoestatísticos para análise. O modelo esférico foi o mais adequado para descrever o comportamento da umidade no interior das pilhas. A picagem do palhiço interferiu na distribuição da umidade, assim como a densidade e a quantidade de precipitações acumuladas. Para curtos períodos de armazenamento, fardos de palhiço picado permaneceram mais secos, enquanto que para períodos mais longos, fardos de palhiço não picado mantiveram-se mais secos. Pilhas de fardos de alta densidade foram mais eficientes na manutenção da biomassa mais seca. O custo de recolhimento de palhiço de cana-de-açúcar via rota “triturador frontal” foi superior à rota de enfardamento convencional. Atualmente, a indústria subsidia o custo adicional que o fornecedor de palhiço tem com a rota “triturador frontal”. A trituração do palhiço na indústria é economicamente mais viável que a trituração no campo a partir da enfardadora com “triturador frontal”.

Palavras-chave: Armazenamento. Custo de produção. Biomassa agrícola. Pilhas de fardos.

ABSTRACT

Sugarcane is planted in 23 Brazilian states totalling more than 10.2 million hectares, and for each hectare there are around 10 tons of straw (db), biomass resulting from mechanized harvesting. The use of this material is economically important due to the quantity available, energy matrix diversification, electric power generation, and ethanol and paper production. Due to the off-season in the production of sugarcane, it is necessary to store the bales produced in large piles for up to one year, being the most adequate form of storage of bales still unknown, which caused fires of great proportions in some plants. In order to provide more efficient techniques for the storage of straw, we evaluated the distribution of moisture inside piles stored in the field, without cover, in two baling densities, three accumulated amounts of precipitation, and to the crushing or not of the straw before the baling. Also, the economic viability between two routes of exploitation of the straw was analyzed, from the field to the industry, differing by the moment in which the straw is crushed. In all the evaluated treatments the existence of spatial dependence was observed, being possible the use of geostatistical methods for analysis. The spherical model was the most appropriate to describe the behavior of moisture inside the cells. The crushing of straw affected the distribution of moisture, as well as the density and amount of precipitation accumulated. For short storage periods, bales of crushed straw remained drier, while for longer periods, bales of uncrushed straw remained drier. High density bales were more efficient in maintaining the driest biomass. The cost of collecting sugarcane straw via the "pre-chopper" route was higher than the conventional bale route. Currently, the industry subsidizes the additional cost that the straw supplier has with the "pre-chopper" route. Crushing of straw in the industry is economically more feasible than crushing in the field from the "pre-chopper" baler.

Keywords: Storage. Production cost. Agricultural biomass. Pile of bales.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	17
CAPÍTULO 1 - AVALIAÇÃO DA UMIDADE EM PILHAS DE FARDOS DE PALHIÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO CAMPO COM A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS GEOESTATÍSTICAS	25
1.1 INTRODUÇÃO	26
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	28
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS	40
CAPÍTULO 2 - ECONOMICIDADE DE PROCESSOS DE RECOLHIMENTO DO PALHIÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM FARDOS: CAMPO À INDÚSTRIA	43
2.1 INTRODUÇÃO	44
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	45
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS	60
CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS	65

INTRODUÇÃO GERAL

O desenvolvimento de tecnologias para a obtenção de fontes alternativas de energia aumenta a cada dia, sendo que o Brasil possui potencial para ser um dos maiores produtores de bioenergia no mundo, fato justificado pelo clima favorável, disponibilidade de mão de obra, e extensas áreas com biomassa ainda não aproveitadas.

No país, a cana-de-açúcar é cultivada em mais de 8,8 milhões de hectares. A biomassa residual da colheita da cana-de-açúcar, denominada palhiço, que inclui ponteiros, folhas verdes, palha seca, toletes, raízes e impurezas minerais, representa mais de 15%, em massa, da produção do canavial, podendo ser obtidas mais de 30 toneladas (base úmida) por hectare dependendo da variedade e região.

O recolhimento do palhiço é encontrado em muitas propriedades produtoras de cana-de-açúcar, e as pesquisas em andamento têm sido aliadas no aprimoramento de máquinas para as condições brasileiras, visto que as enfardadoras utilizadas foram projetadas inicialmente para fenação.

O enfardamento tem sido a rota mais utilizada para o recolhimento do palhiço nos canaviais, que é compactado em grandes fardos variando de 300 a 500 kg de matéria seca. Após essa operação, os fardos produzidos ficam dispersos na área, sendo necessário o recolhimento destes, do talhão para os carregadores, para assim serem carregados em carretas específicas para o transporte de fardos.

Nas operações de campo, muitas variáveis influenciam o cumprimento do cronograma, e faz com que os fardos permaneçam no campo, sem proteção contra chuva. No caso de chuvas após o palhiço compactado no fardo, as impurezas minerais não são afetadas, porém a massa e qualidade dos fardos podem comprometer sua utilização.

No campo ou na indústria, para a segurança no abastecimento da indústria e em função da sazonalidade da produção da cana-de-açúcar, é necessário realizar o armazenamento destes fardos em grandes pilhas. Em sua grande maioria, esse armazenamento é feito sem a utilização de cobertura, devido à extensa área a ser trabalhada, além de grande preocupação com o fogo, combustão instantânea, devido à fermentação e oxigênio no interior de pilhas de fardos.

O comportamento da umidade no interior das pilhas de fardos é uma questão que vem sendo abordada por pesquisadores e empresários do setor. Na bibliografia,

muito pouco é abordado sobre o assunto, e no campo, o que se encontra são experimentos privados e com metodologia própria. O aumento da umidade no interior dos fardos acarreta queda da qualidade e preço dos fardos. O mercado agrícola paga os fornecedores pela qualidade da matéria-prima entregue na usina, além de bonificação por redução de impureza mineral e umidade.

Outro importante assunto está relacionado à rota de recolhimento do palhiço enfardado. Dentre as rotas mais utilizadas, duas são definidas comercialmente em função da trituração do palhiço: no campo, simultaneamente à operação de enfardamento, ou na indústria, por meio da trituração do fardo com triturador estacionário, sendo importante determinar a rota mais econômica.

Devido à relevância para o setor sucroalcooleiro e à complexidade da cadeia de produção, este trabalho teve como objetivo avaliar a umidade no interior de pilhas de fardos, em diferentes tratamentos, e analisar a viabilidade do recolhimento em duas rotas de enfardamento, gerando informação para a tomada de decisão de fornecedores de palhiço em fardos e empresários.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do trabalho evidenciaram que é possível aumentar a melhorar a armazenagem de fardos de palhiço de cana-de-açúcar, tanto a curto como a médio prazo, a partir da escolha adequada entre densidade do fardo e comprimento do palhiço compactado em fardos. O experimento proporcionou informações que antes não eram conhecidas pela comunidade acadêmica e empresários do setor, mas deve-se continuar a pesquisa com maior número de tratamentos, fardos e tamanho das pilhas, resultando em maior número de dados para o desenvolvimento de um modelo matemático de predição do comportamento da umidade do palhiço na pilha de fardos.

O trabalho solucionou um problema imediato do fornecedor de palhiço, que armazena os fardos por um curto período de tempo até o transporte para a indústria, identificando a forma mais adequada de trabalho, porém a longo prazo é necessária uma maior quantidade de dados visando aumentar o nível de informação para a tomada de decisão. A bibliografia sobre o tema proposto neste trabalho é insuficiente, sendo esta uma pesquisa inovadora e que proporcionou maior compreensão acerca do assunto.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. **ASABE D497.7**: Agricultural Machinery Management Data, St. Joseph, MI., 2011.
- ANDRADE, L.A. B. Cultura da cana-de-açúcar. In: CARDOSO, M. das G. (Ed.). **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2006. p. 25-67.
- ARINZE, E.A.; SOKHANSANJ, S.; SCHOENAU, G.J.; RAUTTMANNSDORFF, F.G. Design, evaluation and optimization of a heated-air batch hay dryer operated with automatic bale wagon. **ASAE Paper 94-6033**. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI., 1994.
- BRAUNBECK, O.; MACEDO, I.; CORTEZ, L.A.B. **Modernizing Cane Production to Enhance the Biomass Base in Brazil**. In: Realizing the Potential (Silveira S, ed.). Elsevier, p. 75-94, 2005.
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R.A. Principles of geographical information systems. **Oxford**, Oxford University Press, 1998.
- CAMARGO, E.C.G. Geoestatística: fundamentos e aplicações. In: CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos. Instituto nacional de Pesquisas Espaciais, 1998. 36 p.
- CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Cana-de-açúcar, Safra. 2018/2019. Primeiro levantamento, Maio de 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/Marcelo%20S.%20Denadai/Downloads/BoletimZCanaZ1ZLevantamentoZ18-19.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2018.
- COOPERATIVA DE PRODUTORES DE CANA AÇÚCAR ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO LTDA. COOPERSUCAR - PROJETO BRA/96/G31. **Conservação do Solo**. Cenbio Notícias, Brasília, v.4, n.12, 2001. Disponível em: <<http://www.cenbio.org.br/index1.html>>. Acesso em: 05 nov. 2001.
- CORDEIRO, A. Etanol para alimentar carros ou comida para alimentar gente? In: Brasil. **Impactos da indústria canavieira no Brasil**. Plataforma BNDES: IBASE Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas, 2008.
- COUTURE, L.; HUA, B.P.; SAVOIE, P. Seuils d'émergence des moisissures dans le foin em fonction de l'humidité. **Demi-journée d'information scientifique sur les fourrages**, Victoriaville, p. 30-35, 2002. Conseil québécois des plantes fourragères, Sainte- Foy, Québec. Disponível em: <<http://www.agrireseau.qc.ca/grandescultures/documents/Compte-rendu- 2002.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2012.
- DESCÔTEAUX, S.; SAVOIE, P. Bi-directional dryer for mid-size rectangular hay bales. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 22, p. 481-489, 2006.

DESCÔTEAUX, S.; SAVOIE, P. Artificial drying of big square bale hay. Electronic-only Proceedings of the International Conference on Crop Harvesting and Processing, 9-11 February 2003 (Louisville, Kentucky USA) Publication Date 9 February 2003. **ASAE Publication Number 701P1103e**, ed. Graeme Quick.

DINARDO-MIRANDA, L.L. Pragas. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Ed.). Cana-de-açúcar. Campinas: **Instituto Agrônômico**, p. 349-404. 2008.

DINIZ, F. S.; **Métodos de amostragem e geoestatística aplicados ao inventário florestal**. 2007. 87 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

ESTON, N. E. Etanol o combustível despoluente. Revista. AEA - **Associação Brasileira de Energia Alternativa**, n. 3/4, v. 5, mai./jul. 1990.

FRANCO, F.N. **Alguns parâmetros de desempenho operacional de um sistema de recolhimento de palhço de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) a granel**. 2003. 113 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

GONÇALVES, A. P. S.; FERREIRA, J. R.; RODRIGUES, A. M. **Metodologias de Sistemas de Informação Geográfica em sistemas de produção florestal: Uma aplicação geoestatística**. 2015. 96 f. Dissertação (Mestrado em Gestão do território, área de especialização em Detecção Remota e Sistemas de Informação Geográfica) – Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade de Nova Lisboa, Lisboa, Portugal, 2015.

GUERRA, S.P.S.; DENADAI, M.S.; TAKITANE, I.C. Biomassa: enfardadoras cilíndricas ou prismáticas? **Revista Agriworld**, n. 12, p. 100-102. 2013.

GUIMARÃES, E. C. **Geoestatística básica e aplicada**. UFU/ FAMAT. Núcleo de estudos Estatísticos e biométricos. 2004. 48 p. Disponível em: <www.famat.ufu.br/prof/ednaldo/geoest/apgeo1.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2016.

HOUSE, H.K.; STONE, R.P. 1988. **Barn hay drying**. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Fact sheet, p. 88-110. Disponível em: <<http://www.omafr.gov.on.ca/eng/ish/engineer/facts/88-110.htm>>. Acesso em 11. Jul. 2006.

INNOCENTE, A.F. **Cogeração a partir da biomassa residual de cana-de-açúcar – estudo de caso**. 2011. 111f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2011.

INVENTAGRI. 2005. **Round & Square Bale Hay Dryer**. Disponível em: <<http://www.inventagri.com/>>. Acesso em 14 fev. 2011.

JAMES, G. Intoduction to sugarcane. In: JAMES, G. Sugarcane. Oxford: Wiley Blackwell, 2003. p. 1-19.

JANNUZZI, G.M. Uma avaliação das atividades recentes de P&D em energia renovável no Brasil e reflexões para o futuro. **Energy Discussion Paper**, n. 2.64-01/03, p. 1-12, 2003.

KANEGAE JUNIOR, H. **Avaliação de sistemas de inventários sucessivos e dois interpoladores espaciais como instrumento de estratificação de povoamentos clonais de *Eucalyptus spp.*** 2004. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

KOBLITZ, L.O. Contra fatos não há argumentos. **Jornal de Piracicaba**. Caderno Opinião, 22 jul. 2004.

LANDIM, P. M. B. **Krigagem indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos**. Rio Claro: DGA, IGCE, UNESP, 2002. (Geotemática, Texto Didático 6).

LEITE, G.H.P. et al. Reguladores vegetais e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar em meio de safra. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p.1843-1850, 2008.

MAGALHAES, P.S.G.; BRAUNBECK, O.A. **Colheita de cana-de-açúcar verde: energia renovável para uma agricultura sustentável**. 2001. Disponível em: <<http://www1.agrobrasil.com.br/agroartigos/artigo9.html>>. Acesso em: 15 fev 2008.

MANTELATTO, P.E. **Estudo do processo de cristalização de soluções impuras de sacarose de cana-de-açúcar por resfriamento**. 2005. 272 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2005.

MCKENDRY, P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 83, p. 37-46, 2002.

MEDEIROS, A.M.L. **Artigos sobre conceitos em geoprocessamento**. E-book: Artigos sobre conceitos em geoprocessamento, 2012. Disponível em: <<http://197.249.65.74:8080/biblioteca/bitstream/123456789/563/1/E-book-Artigos-sobre-Conceitos-em-Geoprocessamento-Anderson-Medeiros.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2017.

MICHELAZZO, M.B. **Análise de sensibilidade de seis sistemas de recolhimento do palhço da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 2005. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MOURA, C. Uma fonte de energia renovável. **Floresta e Ambiente**, v. 69, n. 34. 2005.

OKUNO, F.M. Recolhimento e qualidade da palha. **Projeto Sucre – Energia renovável da cana-de-açúcar**, Campinas, 2017.

PARKER, B.F.; WHITE, G.M.; LINDLEY, M.R.; GATES, R.S.; COLLINS, M.; LOWRY, S.; BRIDGES, T.C. Forced-air drying of baled alfalfa hay. Transactions of the **ASAE**, n. 35, v. 2, p. 607-615, 1992.

RIPOLI, T.C.C; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar colheita, energia e ambiente**. Barros e Marques Ed. ELET. Piracicaba, Cap. 2. 2004. 302 f.

RIPOLI, T.C.C. Now it is the turn of palhiço. **Idea News**. November, n. 3; Ribeirão Preto - SP, 2001.

RODRIGUES, D.J. **Fisiologia da Cana-de-Açúcar**. Botucatu: Instituto de Biociências - Universidade Estadual Paulista, 1995. 99 p. Apostila.

SARTORI, M.M.P. **Otimização da produção de energia e biomassa do resíduo de colheita em variedades de cana-de-açúcar**. 2001. 134 f. Tese (Doutorado em área de concentração Ciência Exatas e da Terra) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu, 2001.

SILVA, D.P. **Thiametoxam em cana-de-açúcar manejada com maturadores**. 2012. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2012.

TROMBETA, N.C. **Potencial e disponibilidade de biomassa de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil: uma aplicação de modelos de localização ótima para fins energéticos**. 2015. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2015.

URIBE, R.A.M. **Produtividade e estimativa de acúmulo da biomassa em soqueira de cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial com diferentes doses de N-Fertilizantes**. 2010. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual de São Paulo, Faculdade de Ciências Agrárias, Botucatu, 2010.

VASCONCELOS, G.C.; VERÍSSIMO, L.A.C.; SILVEIRA, A.A.; BIANCHINI, S. Energia lignocelulosica da biomassa: uma perspectiva sustentável. Resumos do II Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Revista Brasileira Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 1017-1020, 2007.

YAMAMOTO, J.K.; LANDIM, P.M.B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. 1. ed. São Paulo: OFICINA DE TEXTOS, 2015. 215 p.