



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS CURITIBANOS
CURSO DE CIÊNCIAS RURAIS**

FERNANDO CARNIEL FRANÇA

**AVALIAÇÃO DAS QUALIDADES ANATOMICAS E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO
BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA A PRODUÇÃO DE PAPEL**

CURITIBANOS

Novembro/2014

FERNANDO CARNIEL FRANÇA

Avaliação das qualidades anatômicas e composição química do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de papel

Projeto apresentado como exigência da disciplina de Projetos em Ciências Rurais, do curso de Ciências Rurais, ministrado pela Universidade Federal de Santa Catarina sob orientação dos Professores Ugo Leandro Belini.

CURITIBANOS

Novembro/2014

RESUMO

Tendo em vista os incentivos para a produção de produtos ecologicamente corretos, cada vez mais se busca alternativas para se ter uma produção de qualidade e de maneira a reduzir impactos ambientais. O bagaço de cana-de-açúcar é um resíduo do processo industrial de usinas sucroalcooleiras, em sua maior parte é queimado para geração de bioenergia, contudo grande parte do bagaço fica inutilizado, saturando os pátios das usinas. O presente trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades anatômicas e químicas do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de papel. As análises anatômicas e químicas, serão realizadas para identificar o tamanho das fibras e teores de lignina, celulose e Hemicelulose, assim sabendo o potencial do bagaço para a produção de papel.

Palavras-chave: produção de papel; análises anatômicas; análises químicas;

SUMÁRIO

SUMÁRIO	iv
2. JUSTIFICATIVA.....	1
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	2
3.1 A cultura da cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i>).....	2
3.2 Disponibilidades do bagaço de cana-de-açúcar.....	3
3.3 Importância da produção de papel	3
4. HIPÓTESE.....	5
5. OBJETIVOS	5
5.1 Objetivo Geral.....	5
5.2 Objetivos Específicos.....	5
6. METODOLOGIA	6
6.1 Coleta e preparo das amostras.....	6
6.2 Caracterizações anatômica do bagaço de cana-de-açúcar	6
6.3 Composição química do bagaço de cana-de-açúcar.....	7
6.3.1 Hidrólises do bagaço de cana-de-açúcar com ácido sulfúrico.....	8
6.3.2 Determinações de lignina insolúvel na fração sólida	8
6.3.3 Determinações de lignina solúvel na fração líquida.....	8
6.3.4 Determinações de carboidratos, ácidos orgânicos, furfural e hidroximetilfurfural na fração líquida.....	9
6.4 Validação do método de caracterização	9
7. RESULTADOS ESPERADOS	10
8. CRONOGRAMA	10
9. ORÇAMENTO	11
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Ministério da Agricultura a cana-de-açúcar se transformou em uma das principais culturas da economia brasileira. Sendo o Brasil o maior produtor de cana e também o primeiro do mundo na produção de açúcar e etanol. Juntamente destaca que a previsão para um aumento na produção de 3,25%, para alcançar 47,34 milhões de toneladas do produto em 2019 (BRASIL. Ministério da Agricultura, [20--]).

A quantidade de bagaço de cana-de-açúcar seco oriunda das usinas sucroalcoleiras corresponde a 280 kg (28%) para cada tonelada de cana-de-açúcar processada. Atualmente, o bagaço de cana de açúcar é em sua maioria queimado para gerar energia para as usinas, mas uma quantidade considerável é ainda desperdiçada, e por essa razão, as pesquisas indicam a busca de alternativas para sua reciclagem (CERQUEIRA et al. 2010).

A Associação de Produtores de Álcool e Açúcar do Estado do Paraná (Alcopar) divulga que 42 milhões de toneladas de cana-de-açúcar geram 11,5 milhões de toneladas de bagaço, sendo que 2 milhões não são aproveitadas (BELINI, 2012).

No Brasil, a produção de celulose e papel utiliza basicamente a madeira de eucalipto e pinus, Uma tonelada de papel requer cerca de 20 árvores de eucalipto com idade variando entre 6 e 7 anos. (PINTO-COELHO, [20--]).

2. JUSTIFICATIVA

O bagaço de cana-de-açúcar apresenta grande potencial para produção de papel, com boas qualidades físico-químicas (CARVALHO, 2011).

A utilização de bagaço é mais eficaz em aspectos ambientais, econômicos e sociais. Por ser uma cultura de ciclo anual, obtendo-se matéria prima com facilidade, esse fator mostra grande possibilidade de fazer parte do dia a dia, como fonte para produção de papel. Apresenta também grande potencialidade de mercado por ser produzido de maneira ecologicamente correta, preservando o meio ambiente.

Com a utilização do bagaço de cana haverá uma redução no uso da madeira o que tornara maior a oferta, podendo assim reduzir custos da mesma, sem falar na economia que isso trará, juntamente com a maior preservação do meio ambiente.

O Brasil apresenta uma tecnologia avançada na produção de papel, assim podendo trazer um papel de qualidade com a utilização do bagaço, com um menor custo de produção e maior lucratividade.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*)

A produção de cana-de-açúcar se concentra nas regiões Centro-Sul e Nordeste do Brasil. O mapa abaixo mostra em vermelho as áreas onde se concentram as plantações e usinas produtoras de açúcar, etanol e bioeletricidade, segundo dados oficiais do IBGE, UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas – SP) e do CTC (Centro de Tecnologia Canavieira) (UNICA, [20--]).

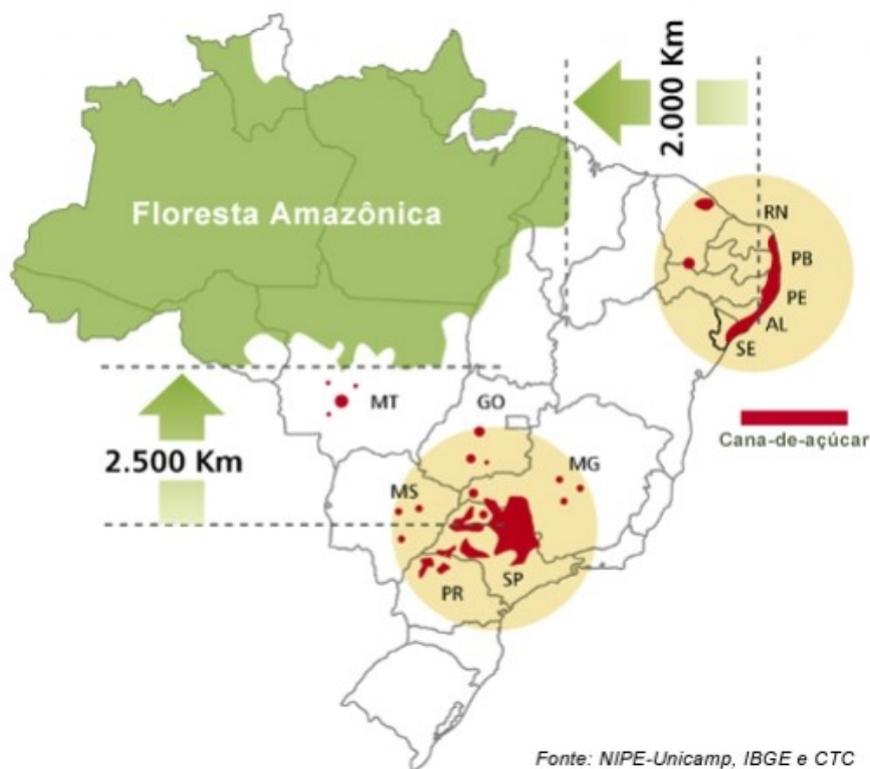


Figura 1: Produção de cana-de-açúcar

3.2 Disponibilidades do bagaço de cana-de-açúcar

O colmo, as folhas e os ponteiros fazem parte da cana-de-açúcar no campo, no estágio de colheita. O colmo é a matéria prima principal usada na fabricação de açúcar e álcool. O bagaço (biomassa constituída de fibras) é obtido após a moagem do colmo da cana-de-açúcar para obtenção do caldo (INNOCENTE, 2011).

Com o aumento da produção da cana-de-açúcar, conseqüentemente temos o aumento da biomassa residual, e a evolução da produção do bagaço no Brasil, foi de 70 mil toneladas em 2000 para 150 mil toneladas em 2008 (figura 2). Dessa produção 17,39% não é utilizado, assim saturando os pátios das usinas.

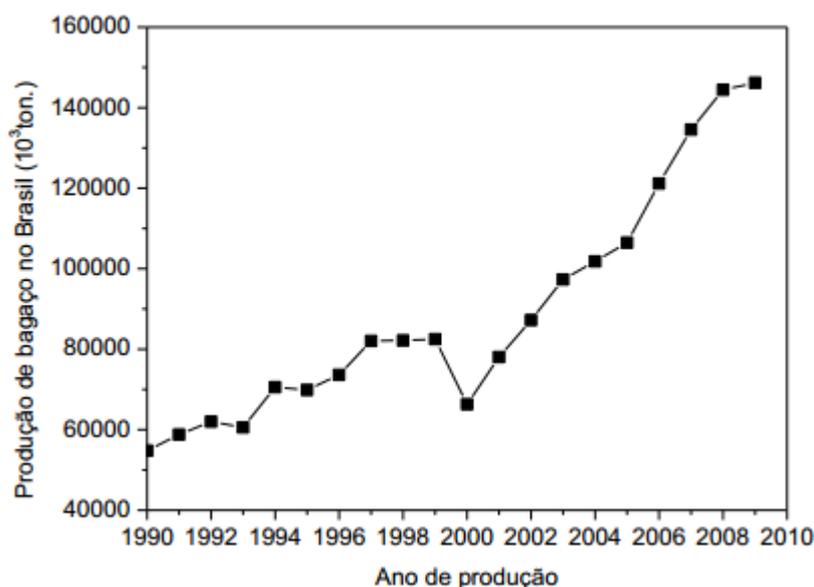


Figura 2: Evolução da produção de bagaço no Brasil de 1990 até 2009 INNOCENTE (2011).

3.3 Importância da produção de papel

De acordo com a Associação Brasileira de Celulose e Papel nos dois primeiros meses de 2014, a produção brasileira de papel cresceu 1,7%, na comparação com o mesmo período de 2013. Foram produzidas 1,7 milhão de toneladas de papel. As exportações de papel cresceram 7,7%, com um total de 321 mil toneladas do produto. Em relação ao papel, a América Latina segue como principal mercado, responsável por mais de 52% da receita de exportação no acumulado de janeiro e fevereiro, seguida pela Europa e América do Norte, que participam dessa receita com cerca de 16% e 14%, respectivamente. embarques para a

América do Norte cresceram 29% nos primeiros meses do ano, comparados com os de 2013. As vendas de papel no mercado doméstico somaram 910 mil toneladas, com alta de 2,7% sobre o mesmo período de 2013 (BRACELPA, 2014).

Com a produção de papel através do bagaço de cana-de-açúcar, há maior agregação de valor ao bagaço e ao papel, podendo obter certificado ISO 14000, onde segundo Lemos (2013) é um documento técnico estabelecido por consenso entre as partes interessadas (produtores, consumidores, governo, etc.). Também fixa as características mínimas que atividades e produtos devem cumprir. Além dos benefícios as comunidades, através da facilitação do comércio, aumento da produtividade e segurança, proteção do meio ambiente, melhoria da comunicação e entendimento entre as partes.

A concentração das grandes fabricas de papel, estão localizadas em sua maioria nos estados de São Paulo, Paraná e Bahia (figura 3).

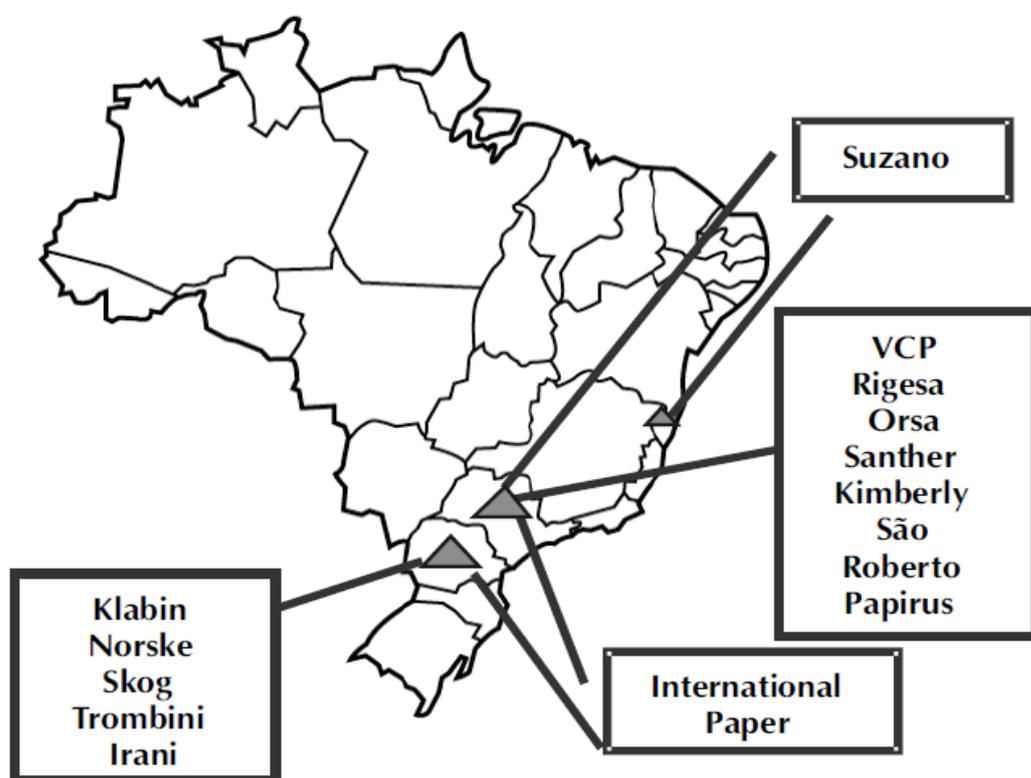


Figura 3: Localização das Maiores Fábricas de Papel no Brasil (DORES et al. [200-]).

A utilização do papel pelos brasileiros é cada vez maior. Atualmente há ainda baixas taxas de consumo per capita de papel no Brasil quando comparadas a outros países (39,5 kg/habitante/ano no Brasil contra 312 nos EUA, 246,6 no Japão e 66,7 no Chile, em 2005, por

exemplo). Por outro lado, os segmentos de papéis de imprimir e escrever, kraftlinere cartão encontram grandes oportunidades de ocupar espaços num mercado internacional aquecido (DORES et al, [200-]).

4. HIPÓTESE

A utilização do bagaço de cana-de-açúcar na produção de papel é uma rota alternativa, a qual reduz o acúmulo do bagaço nas usinas sucroalcoleiras e agrega valor a esse resíduo inutilizado.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo identificar a potencialidade do uso do bagaço de cana-de-açúcar e a qualidade das fibras para a utilização na fabricação de papel.

5.2 Objetivos Específicos

- Analisar as propriedades anatômicas do bagaço de cana-de-açúcar;
- Determinar a composição química do bagaço de cana-de-açúcar.

6. METODOLOGIA

6.1 Coleta e preparo das amostras

As amostras serão coletadas na usina Costa e Silva S/A Açúcar e álcool, localizada na cidade de Piracicaba- SP. AS amostras serão coletadas “in natura”, logo após a moagem realizada na usina. As amostras serão diferentes cultivares de cana-de-açúcar, sendo que serão misturadas de forma a ficar mais homogênea. Após a coleta serão acondicionadas em sacos plásticos e transportadas para o Laboratório de Química, Celulose e Energia. Após as amostras serão secas em estufa à 105°C, atingindo 5% de umidade, para evitar a deterioração por microrganismo.

A pesquisa será desenvolvida na Universidade Federal de Santa Catarina, em Curitiba – SC e no Laboratório de Química, Celulose e Energia “Luiz Ernesto George Barrichelo” (LQCE-LEGB) do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP/ESALQ, em Piracicaba – SP.

6.2 Caracterizações anatômica do bagaço de cana-de-açúcar

Para determinação das dimensões das fibras será realizado o mesmo procedimento utilizado por Lima (2012). Desse, será selecionado aproximadamente 50 g do material coletado, utilizando o procedimento de maceração com peróxido de hidrogênio e ácido acético 1:1 a 60°C por um período suficiente para ocorrer à individualização dos elementos anatômicos. Após a individualização do material, o mesmo deve ser lavado em água destilada. Com o material dissociado montar 10 lâminas histológicas e de cada lâmina medir comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede de 10 fibras, totalizando 100 medições.

Com os valores médios das medições das fibras, as seguintes relações serão calculadas: Fração de parede (equação 1), coeficiente de flexibilidade (equação 2), índice de Runkel (equação 3) e índice de enfeltra mento (equação 4).

$$\text{Equação: 1 } FP = \frac{2 * E * 100}{L}$$

$$\text{Equação: 2 } CF = \frac{DL}{L} * 100$$

$$\text{Equação: 3 } IR = \frac{2 * E}{DL}$$

$$\text{Equação: 4 } IF = \frac{C}{L}$$

Em que:

FP= Fração de parede (%), CF= coeficiente de flexibilidade (%), IR= índice de Runkel, IF= índice de enfeitura, C= comprimento da fibra (µm), E= espessura da parede da fibra (µm), L= largura da fibra (µm), DL= diâmetro do lúmen da fibra (µm).

6.3 Composição química do bagaço de cana-de-açúcar

Para determinar os teores de celulose, hemicelulose e lignina presentes na amostra de bagaço de cana-de-açúcar será utilizado o mesmo processo utilizado por (GOUVEIA, NASCIMENTO, SOUTO-MAIOR 2009). Ao determinar carboidratos, ácidos orgânicos, furfural e HMF, é possível se calcular os teores de celulose e de hemicelulose utilizando através dos seguintes fatores de conversão:

Celulose:

0,90 x massa de glicose;

0,95 x massa de celobiose;

1,20 x massa de HMF;

3,09 x massa de ácido fórmico;

Hemicelulose:

0,88 x massa de xilose;

0,88 x massa de arabinose;

0,72 x massa de ácido acético;

1,37 x massa de furfural.

6.3.1 Hidrólises do bagaço de cana-de-açúcar com ácido sulfúrico

Pegar amostras de 2 gramas de bagaço, estas devem ser pesadas em balança analítica, transferir para béquers de 100 mL e tratadas com 10 mL de H₂SO₄ 72% v/v, sob vigorosa agitação, em um banho termostático (Fisatom) a 45 °C por 7 min. As amostras devem ser transferidas quantitativamente para frascos erlenmeyers de 500 mL, adicionando-se o volume de 275 mL de água, validação de metodologia para a caracterização química destilada. Fechar os erlenmeyers com papel alumínio e autoclavados por 30 min a 121°C. Após a descompressão da autoclave, os frascos devem ser retirados e resfriados a temperatura ambiente, sendo a fração sólida separada da fração líquida por filtração em papel de filtro qualitativo. Transferir a fração líquida para balão volumétrico de 500 mL, o qual deverá ter seu volume posteriormente completado com água destilada. A solução é armazenada para análises posteriores de carboidratos, ácidos orgânicos, furfural, HMF e lignina solúvel.

6.3.2 Determinações de lignina insolúvel na fração sólida

Lignina insolúvel será determinada de acordo com o método Klason. O material retido no papel de filtro deve ser lavado com 1500 mL de água destilada, transferido para pesa-filtros para secagem em estufa a 100 °C até massa constante. A porcentagem de lignina insolúvel será calculada em relação a massa de amostra seca conforme a equação abaixo:

$$\%LKI = \frac{M_k - M_c}{M_a} * 100$$

Onde: LKi – Lignina Klasonin solúvel; M_k – massa de lignina insolúvel seca; M_c – massa de cinzas; M_a – massa da amostra seca.

6.3.3 Determinações de lignina solúvel na fração líquida

A quantidade de lignina solúvel será determinada pela medida de absorvência a 280 nm em espectrofotômetro. O cálculo da lignina solúvel será determinado conforme a equação abaixo:

$$\text{Clig} = 4,187 \cdot 10^{-2}(\text{AT} - \text{Apd}) - 3,279 \cdot 10^{-4} \quad (2)$$

Onde: Clig - concentração de lignina solúvel, em g/L; AT - absorvência da solução de lignina junto com os produtos de degradação, em 280 nm; Apd = $c_1 \epsilon_1 + c_2 \epsilon_2$ – absorvência, em 280 nm, dos produtos de decomposição dos açúcares (furfural e HMF), cujas concentrações c_1 e c_2 foram determinadas previamente por CLAE (cromatografia líquida de alta eficiência) e ϵ_1 e ϵ_2 são as absorvidades e valem, respectivamente, 146,85 e 114,00 L g⁻¹ cm⁻¹.

6.3.4 Determinações de carboidratos, ácidos orgânicos, furfural e hidroximetilfurfural na fração líquida

A determinação de carboidratos e de ácidos orgânicos será por cromatografia líquida de alta eficiência, antes da determinação deve se aplicar o hidrolisado em cartuchos de extração em fase sólida Sep-Pak C18 (Phenomenex). Para a construção das curvas de calibração dos carboidratos, foram injetadas no cromatógrafo líquido, soluções contendo celobiose, glicose, xilose e arabinose. A construção das curvas de calibração dos ácidos orgânicos será realizada através da injeção de soluções contendo ácido acético e ácido fórmico.

6.4 Validação do método de caracterização

A validação do método de caracterização será obtida pela média aritmética, utilizando o programa Microsoft Office Excel 2013. Serão realizadas 5 repetições para cada amostra, com um total de 30 amostras. De forma a diminuir a margem de erros do experimento, desconsiderando valores discrepantes.

7. RESULTADOS ESPERADOS

Com as análises espera-se encontrar resultados positivos, quanto às propriedades anatômicas, e composição química do bagaço de cana-de-açúcar, sejam ideais para obter uma produção de papel de qualidade.

Desta forma, espera-se reduzir os impactos ambientais causados pela produção de papel. Com isso será agregado valor a um produto que esta sendo inutilizado e assim trazendo uma rota alternativa para a utilização do bagaço.

8. CRONOGRAMA

Ano: 2015												
AÇÕES/ETAPAS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pesquisa bibliográfica			X	X								
Estruturação e Elaboração do projeto				X	X							
Coleta das amostras						X	X					
Análises anatômicas e químicas						X	X	X	X	X		
Resultados e Relatório Final										X	X	X

9. ORÇAMENTO

Descrição	Qtidade. (un.)	Valor Unitário (R\$)	Valor total (R\$)
MATERIAL PERMANENTE*			
Autoclave	1	1.850,00	1.850,00
Espectrofotômetro	1	27.500,00	27.500,00
Microscópio	1	1.600,00	1.600,00
Agitador	1	635,00	635,00
Estufa	1	5.200,00	5.200,00
Fisatom (banho termostetizado)	1	550,00	550,00
Subtotal			37.335,00
MATERIAL DE CONSUMO			
Béquer	10	10,00	100,00
Balão Volumétrico	5	20,62	103,10
Pesa-filtros	5	26,80	134,00
Lâminas	10	3,48	34,80
Erlenmeyers	5	28,00	140,00
Ácido Sulfúrico	3	71,00	313,00
Água Destilada	5	6,30	31,50
Subtotal			856,40
SERVIÇO DE HOSPEDAGEM			
Hotel			2.500,00
Transporte			2.520,00
Alimentação			1.500,00
Subtotal			6.520,00
Recursos Humanos			
Bolsas (1 bolsa x R\$ 420,00 x 12 meses)	1	450	5.040,00
TOTAL GERAL			49.751,40

*Os materiais permanentes estão inclusos nos equipamentos pertencentes às instituições USP e UFSC, Não sendo necessária sua compra, apenas uma remuneração pelo seu uso.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRICHELO, Luiz E. G; L.E.G; BRITO, José. Otávio. IPEF: Filosofia de trabalho de uma elite de empresas florestais brasileiras. **Circular Técnica**, Piracicaba – SP, n. 68, set.,1979. Disponível em: < <http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr068.pdf> >. Acesso em: 18 setembro 2014.

BELINI, Ugo. **Leandro. Caracterização tecnológica de painéis de fibras da madeira de eucalipto, *Eucalyptus grandis*, e de partículas do colmo de cana de açúcar, *Saccharum sp.*** 2012. 169 f. Tese apresentada para obtenção de título de Doutor em Ciências, Programa: Recursos Florestais, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba 2012.

Disponível em:

<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCYQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.teses.usp.br%2Fteses%2Fdisponiveis%2F11%2F11150%2Ftde-10072012-094054%2Fpublico%2FUgo_Leandro_Belini_versao_revisada.pdf&ei=PYBZVPWIFMWjg wTWtILIAQ&usg=AFQjCNGOZRiBsNHUnzSCXIhV3dx_atq0Qg&sig2=-eWUzTBnezwkKqTPPZUA>. Acesso em: 04 novembro 2014.

BRACELPA. Tendência de alta nas exportações de celulose e de papel se mantém em fevereiro. 2014. Disponível em: < <http://bracelpa.org.br/bra2/?q=node/759> >. Acesso em: 24 setembro 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Cana-de-açúcar**. [20--]. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar> >. Acesso em: 18 setembro 2014.

CARVALHO, Daniela. Morais de. Caracterização Físico-Química e Polpação Etanol/Soda do Bagaço e da Palhada de Cana-de-açúcar. . 1988. 126 f. Dissertação (Pós-graduação em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2011. Disponível em: < http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde_arquivos/4/TDE-2012-06-14T081518Z-3803/Publico/texto%20completo.pdf >. Acesso em: 18 setembro 2014.

CASTRO, Heizir. F. **Processos Químicos Industriais II**. Papel e Celulose Apostila 4. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena. .2009. Disponível em: <<http://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840556/434/apostila4papelcelulose.pdf> >. Acesso em: 24 setembro 2014.

CERQUEIRA, Daniel. A.; FILHO, Guimes. Rodrigues; CARVALHO, Rui de A.; VALENTE, Artur. J. M. Polímeros. **Caracterização de acetato de celulose obtido a partir do bagaço de cana-de-açúcar por ¹H-RMN**, São Carlos, v. 20, n. 2, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010414282010000200003>. Acesso em: 18 setembro 2014.

DORES, Adely. Maria. Branquinho.; CHAGAS, Flavia. Barros.; MATTOS, René. Luiz. Grion.; GONÇALVES, Roberta. Mendes. Papel e celulose. Panorama Setorial: Setor Florestal, Celulose e Papel. [200-]. Disponível em:<http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/onhecimento/liv_perspectivas/04.pdf>. Acesso em: 24 setembro 2014.

GOVEIA, Ester. Ribeiro.; NASCIMENTO, Renata. Trajano.; SOUTO-MAIOR, Ana. Maria. **Validação de Metodologia para a Caracterização Química de Bagaço de Cana-de-açúcar**. Lorena – SP,v. 32, n. 6, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n6/26.pdf>>. Acesso em: 23 outubro 2014.

INNOCENTE, Andréia. Franco. Cogeração a partir da biomassa residual de cana-de-açúcar- estudo de caso. 2011.110 f. Dissertação(Mestre em Agronomia) – energia na agricultura, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2001.

LEMOS, Haroldo. Mattos. Instituto Brasil PNUMA. Comitê Brasileiro para o Programa das Nações Unidas para Preservação do Meio Ambiente. 2013. Disponível em: <<http://www.brasilpnuma.org.br/saibamais/iso14000.html>>. Acesso em: 24 setembro 2014.

LIMA, Rafaeli. Valerio. **Potencial Tecnológico de *Ochromapyramidale*(Cav. exLam.) Urbam na Produção de Celulose KRAFT com Diferentes Cargas de Álcali**. 2012. 45 f. Monografia (Trabalho de Curso – TC, UFMT, *Campus* de Sinop, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso,Sinop, 2012.

PINTO-COELHO, Ricardo. Motta. Papel. **Produção, Consumo e Reciclagem de Papel no Brasil**. [20--]. Disponível em: <http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/Livro_Reciclagem/Projeto_Cezar/cap%207%20papel.pdf>. Acesso em: 18 setembro 2014.

UNICA. União da indústria de cana-de-açúcar. [20--]. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/mapa-da-producao/>>. Acesso em: 24 setembro 2014.