

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS

PROPRIEDADE DO CARVÃO DA MADEIRA E DA CASCA DE
Eucalyptus sp. PLANTADO NA REGIÃO DO RECÔNCAVO DA BAHIA

JOÃO GUILHERME BITTENCOURT SILVA

Cruz das Almas - BA

2014

JOÃO GUILHERME BITTENCOURT SILVA

**PROPRIEDADE DO CARVÃO DA MADEIRA E DA CASCA DE
Eucalyptus sp. PLANTADO NA REGIÃO DO RECÔNCAVO DA BAHIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado junto ao curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.
Orientador: Prof^o Dr. Clair Rogério da Cruz

Cruz das Almas - BA

2014

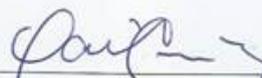
JOÃO GUILHERME BITTENCOURT SILVA

**PROPRIEDADE DO CARVÃO DA MADEIRA E DA CASCA DE
Eucalyptus sp. PLANTADO NA REGIÃO DO RECÔNCAVO DA BAHIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado junto ao curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Aprovado em: 31 / 10 / 2014

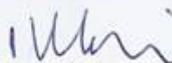
BANCA EXAMINADORA



Orientador: Prof^o Dr. Clair Rogério da Cruz
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - CCAAB



Membro Titular: Prof^o Dr. José Mauro de Almeida
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - CCAAB



Membro Titular: Prof^o Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - CCAAB

AGRADECIMENTOS

À minha família que sempre me apoiou. Hoje quero agradecer por tudo que já fizeram e dizer o quanto são especiais pra mim.

Ao prof^o Clair, pela orientação, paciência, sabedoria e dedicação. Você é um exemplo de compromisso com seus alunos.

A primeira equipe do Laboratório de Tecnologia da Madeira UFRB, Leo e Renan, dando-me sempre muito mais que uma ajuda.

Aos professores da Engenharia Florestal. Pelo aprendizado transmitido no decorrer deste curso.

Aos meus amigos de curso, que ao longo dessa trajetória, nos tornamos parte de uma grande família.

RESUMO

Nesse trabalho utilizou três árvores de *Eucalyptus* sp. que foram amostradas em três pontos: base, meio e topo. Os diâmetros com casca e sem casca foram medidos em cinco alturas diferentes da árvore para determinação do volume de casca. Foram feitas três carbonizações de madeira e três de casca em cada árvore, determinando-se o rendimento gravimétrico da carbonização. O volume de casca determinado foi de 9,68%. Tanto o rendimento gravimétrico quanto a análise química imediata apresentaram diferenças estatísticas significativas entre o carvão produzido de madeira e da casca. Assim, pode-se afirmar que de modo geral, a casca apresenta propriedades do carvão inferiores àquelas observadas para o carvão de madeira. Sendo assim, quando maiores densidades, maiores teores de carbono fixo e menores quantidades de cinzas forem requisitados, a casca deve ser retirada.

Palavra-chave: Carbonização; Carvão vegetal; Análise química imediata.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	A-Forno mufla com adequações para carbonização e condensação de gases	13
----------	--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Diâmetro à altura do peito (DAP), altura comercial (AC), densidade básica média (DBM), volume com casca (VCC), volume sem casca (VSC), volume de casca (VC) e porcentagem de casca (%) de <i>Eucalyptus</i> sp.....	17
Tabela 2	Médias de teores de cinzas, materiais voláteis, carbono fixo e rendimento de carbonização da madeira e da casca de <i>Eucalyptus</i> sp.....	17
Tabela 3	Análise de variância da análise química imediata e do rendimento de carbonização em função de materiais, altura e interação material x altura para o carvão da madeira de <i>Eucalyptus</i> sp.....	18
Tabela 4	Teste de Tukey para variação de materiais voláteis e rendimento de carbonização em altura no tronco da madeira de <i>Eucalyptus</i> sp.....	19
Tabela 5	Análise de variância e teste de Tukey para o desdobramento da interação para teor de cinzas, materiais voláteis e carbono fixo no tronco da madeira de <i>Eucalyptus</i> sp.....	20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVO.....	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
4.1. Carbonização em laboratório.....	13
4.2. Rendimento gravimétrico e rendimento.....	14
4.3. Análise química imediata.....	14
4.3.1 - Teor de cinzas.....	
4.3.2 Teor de matérias voláteis.....	15
4.3.3 - Carbono fixo.....	
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
5.1. Análise química imediata e rendimento de carbonização.....	17
5.2. Análise estatística.....	18
6. CONCLUSÃO.....	22
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais a madeira vem sendo cada vez mais valorizada. Por conta disso, quanto maior for o seu aproveitamento, menor será o impacto nas florestas, proporcionando maior retorno financeiro, beneficiando a natureza e o produtor. Uma alternativa para conservação das florestas nativas é a utilização de florestas plantadas, que utilizam em seus plantios árvores de rápido crescimento e na maioria das vezes exóticas, colaborando assim com a conservação das matas nativas.

A madeira de *Eucalyptus* apresenta uma grande variedade de usos na indústria madeireira no Brasil e no mundo. Um grande número de espécies e cruzamentos genéticos possibilita uma ampla gama de madeiras com propriedades específicas que podem atender a vários setores da indústria madeireira.

Em grande parte das utilizações da madeira a casca é retirada. As propriedades da madeira e da casca são bem diferentes entre si, e na maioria das vezes, a utilização da casca pode causar prejuízos no processo e até mesmo no produto final.

Apesar de normalmente influenciar negativamente na maioria dos processos de produção, em alguns casos, a casca é utilizada junto com a madeira por vários fatores, tais como: o custo do descascamento, o grande volume de casca gerado em processos de produção e a dificuldade de se estabelecer uma nova linha de produção que promova o aproveitamento dessa matéria-prima.

Atualmente, grandes empresas que utilizam carvão vegetal o fazem com a utilização da casca, mesmo sabendo da qualidade inferior do carvão em relação ao carvão da madeira de *Eucalyptus*, pelos motivos citados acima.

O carvão é um dos produtos da madeira de maior importância mundial, sendo utilizado na geração de energia na forma de calor, na redução de minérios em indústrias siderúrgicas e no uso residencial. Em todas essas utilizações, o uso da casca na carbonização pode influenciar negativamente na qualidade do produto final.

Especificamente, nas indústrias siderúrgicas, grandes avanços podem ser observados nos processos de produção de ligas metálicas, no entanto, pouca evolução é notada na produção e no controle de qualidade do carvão vegetal.

Sendo assim, esse trabalho visa quantificar a porcentagem de casca em uma espécie de *Eucalyptus* e analisar as variações nas propriedades do carvão da casca em comparação com o carvão de madeira.

2. OBJETIVOS

Verificar a proporção de casca das árvores de *Eucalyptus sp.* e comparar a qualidade do carvão produzido da casca com aquele produzido da madeira, através da análise química imediata do carvão.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A madeira é um material heterogêneo por ser formada por diversas células capacitadas a desempenhar funções específicas e por ser constituída de uma série de compostos orgânicos e inorgânicos (Botrel et al., 2010), sendo esta heterogeneidade responsável por inúmeros transtornos para a indústria de transformação e processamento (SEVERO ET AL., 2006).

As propriedades físicas e químicas da madeira são diretamente afetadas pelas diferenças nas taxas de crescimento das árvores, resultando em uma alta variabilidade em qualidade da matéria-prima (VIDAURRE ET AL., 2011), que por sua vez, influenciam diretamente a qualidade e produção do carvão vegetal.

A variabilidade da madeira pode ser explicada por diversos fatores, tais como clima, solo, sítio, fatores genéticos, tratamentos silviculturais e principalmente por sua estrutura química e anatômica. Essa variabilidade ocasiona grande desperdício do material, pois dificulta a operação dos altos fornos siderúrgicos.

De acordo com ABRAF (2012), o Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY– IEA, 2011), contribuindo com cerca de 30% de todo o carvão produzido no mundo. A produção de carvão vegetal para fins siderúrgicos é o segundo maior setor de base florestal do país, representando 25,6% da área total reflorestada com espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*.

O setor siderúrgico nacional, utilizador do carvão vegetal como termo-redutor, vem alcançando significativos avanços no desenvolvimento do processo de beneficiamento do minério de ferro, a partir de pesquisas e desenvolvimento técnicos. No entanto, no processo de produção de carvão vegetal não se consegue verificar esse mesmo desenvolvimento (FIGUEIREDO, 2009).

Segundo Pereira (2013), o conhecimento e a compreensão da variabilidade da madeira e das suas relações com as propriedades do carvão vegetal têm grande importância porque fornecem subsídios para a busca de soluções para a produção de carvão vegetal homogêneo, com alto rendimento, elevada qualidade, aliados à redução do custo de produção.

Várias empresas brasileiras que utilizam o carvão vegetal, seja para fins energéticos ou para a redução de minérios, produzem de árvores com casca. De acordo Foelkel (2010), os clones comerciais de eucalipto melhorados geneticamente para altos incrementos volumétricos apresentam de 9 a 12% de casca em volume. As cascas de

eucalipto têm alto teor de sais minerais (cálcio, nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio), variando de 3 a 10% do peso seco. Estes altos teores de cinzas nas cascas causam sérios problemas para indústria que utiliza esta biomassa para queima direta. As cinzas obstruem o fluxo de ar comburente nas grelhas e reagem quimicamente com refratários (FOLKEL, 2010).

Assim, Vital et al. (1989) relataram que em fornos de redução do minério, a presença de alguns componentes minerais é indesejável, pois o fósforo presente no carvão é incorporado às ligas metálicas tornando-as quebradiças, menos maleáveis e com campos favoráveis à propagação de trincas e fissuras.

Na produção de carvão vegetal a sua qualidade é determinada por suas propriedades físicas e químicas: densidade, poder calorífico superior, resistência mecânica ou friabilidade, umidade e composição química (carbono fixo, cinzas e materiais voláteis). O rendimento em carbono fixo apresenta uma relação diretamente proporcional aos teores de lignina, extrativos e densidade da madeira e inversamente proporcional ao teor de holocelulose. O teor de materiais voláteis é influenciado pela temperatura de carbonização, taxa de aquecimento e composição química da madeira (CARMO, 1988).

Vital et al.(1989) relata que as influências da casca sobre as qualidades físicas e químicas do carvão ora se manifestam de forma positiva, ora de forma negativa. Sob o ponto de vista positivo, destacam-se os aumentos no rendimento gravimétrico e em carbono fixo, e, sob o ângulo negativo, destacam-se os aumentos nos teores de cinza e fósforo. No entanto, o efeito da casca é amenizado por quantidades significativamente maior da madeira.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas 3 árvores de *Eucalyptus* sp. coletadas na região do Recôncavo da Bahia, com 48 anos de idade. As árvores foram abatidas e o tronco foi aproveitado até o diâmetro mínimo de 5 cm. Essa altura foi considerada como altura comercial.

De cada árvore foram retirados discos nas alturas de 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial, que foram utilizados para a determinação da densidade básica média.

Em todos os discos retirados foram medidas as circunferências com casca e sem casca, com o objetivo de se calcular os volumes da árvore com casca, sem casca, volume de cascas e porcentagem de casca.

4.1. Carbonização em laboratório

As cascas foram separadas da madeira dos discos. Tanto a casca quanto a madeira foram picadas com facão e colocadas para perder umidade até se aproximarem da umidade de equilíbrio local.

Foram feitas três carbonizações de madeira e três de casca em cada uma das alturas amostradas (base, meio e topo). Essas carbonizações foram realizadas em forno mufla, adaptado com cápsula metálica e condensadores (figura1). Dessa forma, licor pirolenhoso e alcatrão são retirados da fumaça antes dessa ser lançada no ambiente.

Na carbonização foi utilizada uma taxa de aquecimento de 2 °C por minuto. A temperatura inicial da carbonização foi de 100°C e a temperatura final foi de 450°C. Após atingir essa temperatura, o processo de carbonização permaneceu por mais 30 minutos nessa temperatura.



Figura 1. Forno mufla com adequações para carbonização e condensação de gases.

4.2. Rendimento gravimétrico

O rendimento gravimétrico do carvão foi determinado com base no peso seco do material carbonizado (psm) e o peso seco de carvão produzido (psc), sendo:

$$RG = \frac{psc}{psm} \times 100, \text{ sendo:}$$

RG = Rendimento gravimétrico de carvão, (%);

psc = peso seco do carvão, (g); e

psm = peso seco da madeira (g).

4.3. Análise química imediata

Os procedimentos adotados para a análise química imediata foram realizados segundo as normas ABNT NBR 8112/83. Foram retiradas amostras de cada carbonização que foram moídas e classificadas entre as peneiras de 20 e 100 mesh.

4.3.1 - Teor de cinzas

Para realização de tal procedimento, utilizou-se 1 grama absolutamente seca (a.s.) de carvão moído. Essa amostra foi colocada em um cadinho de porcelana com tampa (que foi retirada posteriormente) e levado ao forno elétrico mufla até uma temperatura de 750 °C. As amostras ficaram na mufla até a queima total do material (por volta de 4 horas). Os teores de cinzas foram determinados a partir da equação:

$$CZ = \frac{m_0}{m_1} * 100$$

Onde:

CZ = Teor de cinzas, (%);

m₀ = peso a.s. de cinzas, (g); e,

m₁ = peso a.s. inicial da amostra de carvão moído, (g)

4.3.2 - Teor de matérias voláteis

Para esse procedimento utilizou-se 1 grama a.s. de carvão moído que foi colocado no cadinho com tampa e colocado na porta da mufla a uma temperatura 950 °C por 3 minutos, em seguida os cadinhos foram colocados dentro da mufla por um período de 7 minutos. O teor de materiais voláteis foi calculado por:

$$MV = \frac{m_1 - m_0}{m_1} \times 100$$

Sendo:

MV = Materiais voláteis, (%);

m_0 = o peso a.s. final da amostra, (g); e,

m_1 = peso a.s. inicial da amostra, (g)

4.3.3 - Carbono fixo

O carbono fixo é determinado de acordo com a seguinte equação:

$$CF = 100 - (CZ + MV)$$

Onde:

CF = Teor de carbono fixo, (%)

Cz = Teor de cinzas, (%)

MV = Teor de materiais voláteis, (%)

4.4 - Delineamento experimental

Foram feitas as análise de variância considerando um experimento do delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 3, dois materiais (casca e madeira) e três alturas. Para as médias foi aplicado teste de Tukey a 5% de significância.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de altura, diâmetro, densidade básica da madeira e volumes calculados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Diâmetro à altura do peito (DAP), altura comercial (AC), densidade básica média (DBM), volume com casca (VCC), volume sem casca (VSC), volume de casca (VC) e porcentagem de casca (%) de *Eucalyptus* sp.

Árvore	DAP	AC	DBM (g/cm ³)	VCC (m ³)	VSC (m ³)	VC (m ³)	Porcentagem de casca (%)
1	26,1	22,9	0,739	0,77	0,70	0,08	9,82
2	45,2	29,6	0,742	2,28	2,10	0,18	7,97
3	38,2	21,8	0,782	1,13	1,01	0,12	10,72
Média							9,51

Observando a Tabela 1 pode-se notar que a média de casca das árvores amostradas representa uma parte considerável do tronco (9,51%). Essa proporção e as características diferenciadas entre os dois materiais (casca e madeira), exigem que para a maioria das utilizações, a casca seja retirada do processo.

Os valores encontrados para porcentagem de casca se apresentaram dentro da faixa de valores encontrados por Vital et. al (1989), que estudou a influência da casca nas propriedades do carvão de *Eucalyptus grandis*. Esse autor encontrou valores entre 7,9 e 11,8%, em diferentes classes de diâmetro.

5.1. Rendimento de carbonização e análise química imediata do carvão

Na Tabela 2 observa-se os resultados da análise química imediata e do rendimento das carbonizações de madeira e de casca do carvão de *Eucalyptus* sp.

Tabela 2 – Médias de teores de cinzas, materiais voláteis, carbono fixo e rendimento de carbonização da madeira e da casca de *Eucalyptus* sp.

Material	Teor de cinzas	Teor de materiais voláteis	Carbono fixo	Rendimento de carbonização
Madeira	1,29	21,36	77,34	30,20
Casca	12,54	27,48	59,98	28,85

O rendimento gravimétrico da carbonização de madeira foi superior àqueles encontrados por Santiago e Andrade (2005), que produziu carvão de clones de

Eucalyptus urophylla e obteve rendimento de 26,9 %. Os mesmos autores encontraram rendimento de 29,89 % para carvão da casca de *Eucalyptus*, e esses valores são maiores que os 28,85 encontrados nesse trabalho.

5.2. Análise estatística

Na análise de variância (Tabela 3) das propriedades do carvão em função do tipo de material (madeira e casca), altura (0, 50 e 100% da altura comercial) e da interação material x altura, observa-se que existem diferenças significativas entre materiais para todas as variáveis analisadas. As grandes diferenças entre a anatomia e as propriedades da madeira e da casca explicam essa variação significativa entre os materiais.

As médias das variáveis analisadas se diferem em altura, apenas para materiais voláteis e rendimento de carbonização. Os teores de materiais voláteis foram maiores na base e menores no topo das árvores amostradas enquanto os rendimentos gravimétricos se apresentaram maiores nas carbonizações feitas no topo das árvores.

A interação material x altura se apresentaram significativas para teor de cinzas, materiais voláteis e carbono fixo (Tabela 3).

O desdobramento para a interação de materiais voláteis mostra diferença em altura para o carvão da casca (Tabela 4). O teste de Tukey mostra que na altura de 100% a média de materiais voláteis se apresenta menor que as demais. As médias das alturas 0 e 50 são iguais estatisticamente.

A análise de variância do desdobramento da interação material x altura da variável, teor de cinzas, pode ser observado na Tabela 5 e mostra que existiram diferenças significativas entre alturas apenas para o material 1 (casca). O teste de Tukey que apresenta as diferenças entre alturas do teor de cinzas da casca (Tabela 5) mostra diferenças significativas entre as alturas de 50 e 100%.

O desdobramento da interação do carbono fixo apresentou variações estatísticas significativas em altura, tanto para o carvão da casca quanto para o carvão da madeira. O teste de média o carvão da casca mostra que o teor de carbono fixo da altura 0% é inferior às demais. Em 50 e 100% da altura os valores se equivalem. Para madeira, o teste de media mostra que na altura 50% o teor de carbono fixo se apresenta menor que as demais alturas e a altura 0% apresentou a maior média. A média da altura 50% é igual às médias das demais alturas.

Tabela 3 - Análise de variância da análise química imediata e rendimento de carbonização para o carvão da madeira de *Eucalyptus* sp.

Cinzas		
FV	GL	QM
Material	1	1708,481252*
Altura	2	2,193106
Material x altura	2	6,869624*
Erro	48	1,818021
Materiais voláteis		
FV	GL	QM
Material	1	505,328446*
Altura	2	19,536363*
Material x altura	2	43,026985*
Erro	48	4,874119
Carbono fixo		
FV	GL	QM
Material	1	4073,004452*
Altura	2	9,133717
Material x altura	2	54,453791*
Erro	48	4,348293
Rendimento de carbonização		
FV	GL	QM
Material	1	24,361350*
Altura	2	7,963017*
Material x altura	2	1,753850
Erro	48	0,560979

Tabela 4 - Teste de médias para variação de materiais voláteis e rendimento de carbonização em altura no tronco da madeira de *Eucalyptus* sp.

Materiais voláteis	
Altura	Médias
100	23,29 a
0	24,64 a b
50	25,34 b
Rendimento de carbonização	
Altura	Médias
0	28,96 a
50	29,36 a
100	30,26 b

Tabela 5 – Análise de variância e teste de médias para o desdobramento da interação para teor de cinzas, materiais voláteis e carbono fixo no tronco da madeira de *Eucalyptus* sp.

Desdobramento da interação – Cinzas		
FV	GL	QM
Altura/casca	2	7,898981*
Altura/madeira	2	1,163748
Erro	48	1,818021
Médias de interação cinzas de casca		
Altura	Médias	
50	11,47 a	
0	12,98 a b	
100	13,18 b	
Desdobramento da interação – materiais voláteis		
FV	GL	QM
Altura/casca	2	48,830178*
Altura/madeira	2	13,733170
Erro	48	4,874119
Interação MV de casca		
Altura	Médias	
100	24,85 a	
50	28,30 b	
0	29,29 b	
Desdobramento da interação – carbono fixo		
FV	GL	QM
Altura/casca	2	40,887881*
Altura/madeira	2	22,699626*
Erro	48	4,348293
Interação CF de casca		
Altura	Médias	
0	57,73 a	
50	60,23 b	
100	61,97 b	

Interação CF de madeira	
Altura	Médias
50	75,99 a
100	76,96 ab
0	79,09 b

De modo geral, pode-se observar que as elevadas variações nos teores de cinzas e de materiais voláteis refletiram em uma variação no teor de carbono fixo. A diminuição expressiva no teor de carbono fixo pode ser muito representativa quando teores mais elevados são necessários, como é o caso na redução do minério para produção de ligas metálicas. Desse modo, quando a madeira é carbonizada com casca, maiores quantidades de carvão serão necessárias para suprir a demanda da indústria.

Considerando também que a casca produziu teores de cinzas bem maiores em relação à madeira, o aumento nos teores de alguns minerais presentes nas cinzas poderá interferir na qualidade do produto final.

6. CONCLUSÕES

- A casca representou 9,51% do volume dos troncos analisados;
- O carvão produzido da casca apresentou propriedades inferiores ao carvão produzido da madeira;
- A madeira carbonizada com casca produziu um carvão de qualidade inferior considerando-se a proporção de casca e suas propriedades.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS. – **ABRAF**, Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2012. STCP Engenharia de Projetos, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Normas técnicas NBR 8112/83**. Brasília, 1983. n.p.

BOTREL, M. C. G.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; SILVA, J. R. M. Seleção de clones de *Eucalyptus* para biomassa florestal e qualidade da madeira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 237-245, 2010.

CARMO, J.S. **Propriedades físicas e químicas do carvão vegetal destinado à siderurgia e metalurgia**. 1988. 36p. Monografia (Graduação em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

COLLET, F. **Estudo comparativo, em escala de laboratório, de diversas madeiras utilizadas na fabricação de carvão vegetal**. Boletim da Associação Brasileira de Metais, 42(12): 5-14, 1955.

FIGUEIREDO, C.K; **Análise estatística do efeito da pressão na carbonização da madeira de *Eucalyptus grandis***; EFL/FT/UnB, Mestre, Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia; 2009.

FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. Determinação do peso do desbaste para florestas de *Eucalyptus grandis* hill ex Maiden, com base no índice de espaçamento relativo. **Ciência Florestal, Santa Maria**, RS, v. 9, n. 1, p. 79-87, 1999.

FOELKEL, C; Casca da árvore do eucalipto: Aspectos morfológicos, fisiológicos, florestais, ecológicos e industriais, visando à produção de celulose e papel; **Associação brasileira de técnicas de celulose e papel**; 2010.

MILLER, R. Future oil supply: **The changing stance of the International Energy Agency. *Energ. Policy***, 2011, 39, 1569–1574.

PEREIRA, B.L.C; et al. Correlações entre a relação Cerne/Alburno da madeira de eucalipto, rendimento e propriedades do carvão vegetal. ***Scientia. Forestalis***, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 217-225, 2013.

SANTIAGO, A. R.; ANDRADE, A. M. Carbonização de resíduos do processamento mecânico da madeira de eucalipto. ***Ciência Florestal***, v.15, n.1, p.1-7. 2005.

SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W.; SANSÍGOLO, C. A. Composição química da madeira de *Eucalyptus citriodora* em função das direções estruturais. ***Silva Lusitana***, Lisboa, v. 14, p. 113-126, 2006.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, et al., Rendimentos e características do carvão vegetal em função da posição radial de amostragem em clones de Eucalyptus. ***Cerne***, v.11,n.2, p.178-186 2005.

VIDAURRE, G.; LOMBARDI, L. R.; OLIVEIRA, J.; ARANTES, M. D. C. Lenho Juvenil e Adulto e as Propriedades da Madeira. ***Floresta e Ambiente***, v. 18, n. 4, p. 469-480, 2011.

VITAL, B. R.; ANDRADE, A. M.; VALENTE, O. F.; CAMPOS, J. C. C. Influência da casca no rendimento e na qualidade do Carvão vegetal de Eucalyptus grandis. ***IPEF***, Piracicaba, v. 41/42, n. 5, p. 44-49, 1989.