

Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO CARVAO DE DOIS CLONES DE *EUCALYPTUS*

MATHEUS CORSINO DE ASSIS

Orientador: Nádia Figueiredo de Paula

**Trabalho apresentado a Faculdade de Tecnologia
de Jaboticabal - Fatec, para obtenção do título de
Tecnólogo em Biocombustíveis.**

**Jaboticabal – SP
2º Semestre/2014**

Assis, Matheus Corsino
C848p Produção e avaliação da qualidade do carvão de dois clones de
Eucalyptus/Matheus Corsino de Assis.— Jaboticabal : Fatec, Ano.
24p.

Orientadora: Profa. Dra. Nádia Figueiredo de Paula

Trabalho (graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em
Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal, 2014.

1. Carbonização. 2. Madeira. 3. Densidade. I. Paula, N. F. II. Título.
CDD 674.8

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE CARVÃO DE DOIS CLONES DE *EUCALYPTUS*.

AUTOR: MATHEUS CORSINO DE ASSIS

ORIENTADOR(A): PROFA. DRA. NÁDIA FIGUEIREDO DE PAULA

Trabalho de Graduação aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências para conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis, apresentado à Fatec-JB para a obtenção do título de Tecnólogo.

Profa. Dra. NÁDIA FIGUEIREDO DE PAULA

Profa. Dra. MARIANA CARINA FRIGIERI SALARO

Prof. Dr. LEONARDO LUCAS MADALENO

Data da apresentação: 05 de Dezembro de 2014.

Dedico a minha família que sempre me deu apoio aos estudos.

AGRADECIMENTO

A minha mãe por me apoiar em todas as necessidades para realizar os estudos durante esses anos todos e a possibilidade de morar em outra cidade para estudar.

A Deus pelas oportunidades proporcionadas.

A minha família que me deu força para estar concluindo esse trabalho.

Ao meu padrasto, que me deu força e incentivo aos estudos.

A Lidiane Barbieri, uma pessoa muito especial que me deu muita força e apoio nesse trabalho.

Aos professores e funcionários da FATEC que colaboraram ao máximo para que todos alunos conseguissem ir em busca de seus sonhos.

Em especial a minha orientadora Profa. Dra. Nádia Figueiredo de Paula, que acreditou e confiou em mim para a realização do experimento e me deu muita atenção para a conclusão do trabalho.

RESUMO

PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE CARVÃO DE DOIS CLONES DE *EUCALYPTUS*.

O experimento foi realizado utilizando-se madeira de dois clones, clones número 2 e 4, de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, com o objetivo de analisar a viabilidade de produzir carvão com madeira de dois anos e meio de idade. Foram determinadas a densidade da madeira, a densidade do carvão, e o rendimento gravimétrico. A carbonização foi realizada em uma mufla elétrica adaptada a um condensador para recolhimento do líquido pirolenhoso. A marcha de carbonização foi de 250° C por 60 minutos, 350°C por 60 minutos e, 450°C por 60 minutos. Após o resfriamento, os carvões foram pesados para determinação do rendimento gravimétrico. O líquido pirolenhoso coletado também foi pesado. O rendimento gravimétrico médio foi de 29,8% no clone 2, e de 31,2% no clone 4. Concluiu-se que na carbonização da madeira do clone 2 há maior produção de líquidos condensáveis, e na madeira do clone 4 há maior produção de carvão de acordo com os resultados, o clone 4 seria o mais indicado para a produção de carvão.

Palavras-chave: Madeira. Carbonização. Densidade.

ABSTRACT

PRODUCTION AND EVALUATION OF CHARCOAL FROM TWO EUCALYPTUS CLONES.

The experiment was conducted using hybrid wood clones of Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla, aiming to examine the viability of producing charcoal with two and a half years old. The density of wood, charcoal and the gravimetric yield were determined. The carbonization was performed in an electric furnace adapted to a condenser to collect the pyroligneous liquid condensed. The sequence of carbonization was 250 ° C for 60 minutes, 350 ° C for 60 minutes and 450 ° C for 60 minutes. After cooling, the charcoals were removed from the crucible and weighed to determine the gravimetric yield. Pyroligneous liquid collected was too weighed. The average gravimetric yield was 29.8% in clone 2, and 31.16% in clone 4. It was concluded that the carbonization of wood clone 2 there is increased production of condensable liquids, and clone 4 there is increased production of coal, thus being 4 clone the most suitable for the production of coal.

Keywords: Wood. Carbonization. Density.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 – Mufla e cadinho metálico dentro.	17
Figura 2 –Líquido pirolenhoso	18
Figura 3 – Densidade Básica da madeira de dois clones de híbridos de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>	19
Figura 4 – Densidade do carvão de dois clones de híbridos de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fases do processo de pirolise.....	16
Tabela 2 – Produtos da carbonização da madeira de dois clones de híbridos de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i> . Porcentagem de carvão, de líquido pirolenhoso e de gases não-condensáveis	21

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	<i>Eucalyptus</i>	13
2.2	Propriedades da madeira para produção de carvão vegetal.....	14
2.2.1	Densidade básica	14
2.2.2	Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal	15
2.3	Carbonização da madeira	15
3	MATERIAL E MÉTODOS	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
	REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

A madeira foi a principal fonte de energia primária no Brasil até 1972, sendo superada nessa data pelo petróleo. Porém apenas em 1978 ela foi superada pela energia elétrica. Há uma relação histórica entre a madeira para energia com a produção de carvão vegetal, que estão totalmente ligadas ao consumo residencial, industrial e agropecuário (BRITO; CINTRA, 2004). Atualmente o carvão vegetal produzido no Brasil é utilizado quase totalmente na indústria siderúrgica, constituindo, assim, uma matéria-prima nacional de grande importância.

As propriedades do carvão vegetal estão intimamente ligadas aos parâmetros do processo de produção e da matéria-prima que lhe deu origem. Com o uso de madeira mais densa, de maior poder calorífico e constituição química adequada, ocorre maior rendimento na produção do carvão, resultando também em um carvão de melhor qualidade.

O rendimento do processo de transformação da madeira será determinado pelos diferentes sistemas de carbonização e as propriedades físicas e químicas da madeira utilizada como matéria-prima, influenciando, posteriormente, nas características do carvão vegetal (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

A densidade básica da madeira é considerada parâmetro referencial para a seleção de espécies florestais indicadas para produção de energia. Segundo Brito e Barrichelo (1980), há correlação positiva entre a densidade da madeira de espécies de eucáplito e a densidade do carvão produzido.

Atualmente, as espécies do gênero *Eucalyptus* são as mais utilizadas para a produção de carvão, isto se deve principalmente às suas características de rápido crescimento e densidade consideráveis. As principais espécies de *Eucalyptus* cultivadas no Brasil são *E. grandis*, *E. saligna*, *Corymbia citriodora*, *E. Camaldulensis* e *E. urophylla*, assim como seus híbridos (SANTOS, 2010).

O conhecimento das características da madeira e dos processos de carbonização mais adequados a cada situação são de grande importância para a produção de carvão de boa qualidade. Dentre os indicadores da qualidade do carvão destacam-se o teor de carbono fixo e a densidade, que devem ser o maior possível. Além dessas, outras características comumente avaliadas são a presença de cinzas e o teor de materiais voláteis, que devem ser o mínimo possível.

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o rendimento de produção de carvão,

líquidos e gases bem como determinar a qualidade do carvão obtido de clones de eucalipto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Eucalyptus*

As espécies do gênero *Eucalyptus* foram introduzidas no Brasil em 1903 por Edmundo Navarro de Andrade, inicialmente para atender à demanda de dormentes para a construção de ferrovias e lenha para as locomotivas, na Companhia Paulista de Estradas de Ferro (CIB, 2008).

A utilização do *Eucalyptus*, para a produção de carvão vegetal no Brasil, se deve, principalmente, ao seu rápido crescimento e boa adaptação ao solo e ao clima. O gênero também se destaca devido ao grande avanço das práticas silviculturais, ao manejo, e principalmente ao melhoramento genético das espécies. O gênero *Eucalyptus*, proveniente da Austrália, pertence à família *Myrtaceae*, tendo aproximadamente 1000 espécies adaptadas às diversas condições de clima e solo (BROOKER; KLEINIG, 2006). Dessa grande diversidade de espécies, só duas não são originárias da Austrália: *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus deglupta*. As principais espécies de *Eucalyptus* utilizadas no Brasil para a plantação de florestas energéticas são *E. grandis*, *E. saligna*, *Corymbia citriodora*, *E. camaldulensis* e *E. urophylla*, assim como seus híbridos (FREDERICO, 2009).

Dentre as espécies utilizadas, destacam-se o *Eucalyptus grandis*, originário do norte de Nova Gales do Sul e da costa sul de Queensland, na Austrália e o *E. urophylla*, originário da Indonésia e ilhas adjacentes. O *Eucalyptus grandis* tem madeira de média a baixa densidade, sendo considerada de fácil manejo, superando qualquer outra espécie no que diz respeito ao incremento volumétrico em condições ambientais adequadas. Considerando sua plasticidade genética, grande utilização na obtenção de híbridos e na clonagem de árvores selecionadas, podemos dizer que esta espécie é a mais plantada no Brasil, devido as características citadas anteriormente (MORA; GARCIA, 2000; ALZATE, 2004). Dentre todas as características do *Eucalyptus urophylla* as mais desejáveis são maior rusticidade, resistência ao déficit hídrico e melhor índice de brotações (FERREIRA, 1992). O objetivo do cruzamento dessas duas

espécies é obtenção de plantas com bom crescimento, característica do *E. grandis*; leve aumento da densidade da madeira e melhoria no rendimento; características do *E. urophylla* (CARVALHO, 2000; ALZATE, 2004).

2.2 Propriedades da madeira para produção de carvão vegetal

As propriedades do carvão vegetal estão intimamente ligadas aos parâmetros do processo de produção e da matéria-prima que lhe deu origem, envolvendo a seleção de material genético superior e a adoção de técnicas silviculturais. Com o uso de madeira mais densa, de maior poder calorífico e constituição química adequada, aumenta o rendimento na produção do carvão, resultando também em um carvão de melhor qualidade. O rendimento do processo de transformação da madeira será determinado pelos diferentes sistemas de carbonização e as propriedades físicas e químicas da madeira utilizada como matéria-prima, influenciando posteriormente nas características do carvão vegetal (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

2.2.1 Densidade básica

A densidade básica da madeira é considerada um parâmetro referencial para a seleção de espécies florestais indicadas para produção de energia. Há correlação positiva entre a densidade da madeira de espécies de eucalipto e a densidade do carvão produzido (BRITO; BARRICHELO, 1980). Esses autores encontraram um coeficiente de correlação de 0,97 para a densidade da madeira e o carvão produzido, e concluíram que a existência dessa correlação pode direcionar, fundamentalmente, a escolha de espécies destinadas a produção de carvão. Segundo Santos (2010), a densidade básica é referenciada como índice de qualidade da madeira, influenciando outras propriedades da mesma e dos produtos que são gerados. Desta forma a capacidade de produção do carvão vegetal é afetada diretamente pela densidade da madeira, sendo que a madeira mais densa produz carvão com maior densidade, resultando em vantagens para a maioria dos usos aos quais se prestam esse insumo.

2.2.2 Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal

De acordo com Frederico (2009), as variações nas propriedades do carvão dependem da qualidade da madeira (teor de umidade, densidade, composição química, forma, tamanho e diâmetro), do tipo do equipamento e das condições operacionais da carbonização. São diversos os fatores relacionados às propriedades finais do carvão vegetal, estando intimamente ligados às características do processo produtivo e à matéria-prima empregada. Reforçando a correlação entre as propriedades da madeira e a qualidade do carvão, Brito e Barrichelo (1977), sugerem que a escolha do material genético da madeira de *Eucalyptus*, visando a produção de carvão com propriedades desejáveis, deve ser feita levando em consideração determinadas características da madeira, como elevado teor de lignina e alta densidade, proporcionando também segundo os autores, maior rendimento gravimétrico em carvão.

2.3 Carbonização da madeira

A carbonização é um processo de pirólise lenta, em que o objetivo principal é eliminar a maior parte do oxigênio e do hidrogênio pela ação do calor e, com isso, possibilitar a concentração do carbono na estrutura residual, que é o carvão vegetal. A pirólise da madeira origina os mesmos produtos que seriam obtidos por meio da pirólise separada de seus principais componentes, que não ocorre de maneira simultânea, mas em etapas. O primeiro componente que se degrada são as hemiceluloses, na temperatura de 200 a 260 °C; seguidas da celulose (240 a 350 °C) e da lignina, cuja degradação inicia-se a 150°C e se mantém até 500 °C (FREDERICO, 2009).

Durante a carbonização, ocorre uma sequência de reações químicas e físicas dependentes do tempo e da temperatura, e como resultado há liberação de vapor de água, líquidos orgânicos, gases condensáveis e não condensáveis, restando como produto final sólido o carvão vegetal. Os produtos gerados são influenciados pela composição química da madeira convertida em carvão vegetal, sendo o teor de lignina o que mais influencia o rendimento em carvão vegetal, pois, materiais orgânicos com maiores teores de compostos aromáticos conferem maiores rendimentos em carvão (CARNEIRO *et al.*, 2013). A transformação da madeira em carvão vegetal é um processo de decomposição térmica físico-

química irreversível, que se inicia com a secagem, com a perda de água livre ou capilar e água de adesão (VALE; GENTIL, 2008).

A Tabela 1 mostra os produtos que temos em cada fase da pirólise, e a faixa de temperatura das mesmas, sendo que a partir de 500 °C inicia-se a degradação térmica do carvão produzido e a gaseificação da biomassa.

Tabela 1 – Fases do processo de pirólise

Fases	Temperatura	Produtos
A - Endotérmica (secagem)	0-180	H ₂ O
B – Endotérmica	180-270	CO ₂ , CO, H ₂ O, Alcatrão, CH ₃ OH, CH ₃ CHO, CH ₃ CO ₂ H
C – Exotérmica	270-280	CO ₂ , CH ₄ , CO, H ₂ O, H ₂ , Alcatrão, H ₂ O, CH ₃ OH, CH ₃ CHO, CH ₃ CO ₂ H
D - Exotérmica	280-400	H ₂ , CO, CO ₂ , Hidrocarbonetos

Fonte: Brito (1990); Pimenta *et al.* (2004); Vale e Gentil (2008).

De acordo com Pinheiro *et al.* (2001), o processo de pirólise ocorre em três etapas principais. Na primeira etapa, que ocorre entre a temperatura ambiente e 180 °C há a absorção de calor e liberação da umidade em forma de vapor de água com caráter endotérmico. A segunda etapa ocorre entre 180 e 270 °C, dando início as reações propriamente de pirólise. Entre 180 e 290 °C, a celulose e a lignina são parcialmente degradadas, tal reação é denominada por degradação da hemicelulose. Nessa faixa de temperaturas ocorre a formação do composto intermediário levoglucosana e são liberadas moderadas quantidades de CO, CO₂ e ácido acético na forma de voláteis. A partir dos 250 °C as reações se tornam exotérmicas. A taxa máxima de degradação da hemicelulose é alcançada aos 290°C, e entre 290 e 370 °C ocorre a degradação total da celulose, atingindo a máxima taxa aos 370 °C. A quebra de ligações glicosídicas dos polissacarídeos ocorre nesta fase de temperatura, dando lugar a uma grande emissão de voláteis, compostos por vapores orgânicos e altas concentrações de CO, H₂, CH₄ e CO₂, verificando-se grande formação de ácido acético, metanol e acetona. O alcatrão começa a se tornar predominante com o aumento da temperatura. Acima de 370 °C, quando se completa a degradação da lignina, ocorre a terceira etapa. Nela há a formação dos

alcatrões pesados e a formação de alguns hidrocarbonetos. A degradação da lignina é responsável pela formação de cerca de 50% do carbono fixo no material sólido.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados nos laboratórios da FATEC/Jaboticabal e da UNESP/Jaboticabal. Foram utilizadas madeira de dois clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, com 2,5 anos de idade cultivados na fazenda experimental da FCAV-UNESP, Jaboticabal.

As amostras de madeira foram cortadas e a densidade foi determinada pelo método de imersão em água (VITAL, 1984).

Em cada carbonização foram utilizadas em média 280 gramas de madeira, que foram pesadas e colocadas em um cadinho metálico. Foram feitas 4 repetições.

FIGURA 1. Mufla e cadinho metálico dentro.



A carbonização foi realizada em mufla adaptada a um condensador para coleta dos líquidos condensáveis ou líquido pirolenhoso. Foram realizadas quatro carbonizações para cada clone.

A marcha de carbonização foi de 250° C por 60 minutos, 350°C por 60 minutos e, 450°C por 60 minutos. Após o resfriamento, os carvões foram retirados do cadinho e pesados para determinação do rendimento gravimétrico:

$$Rg = \frac{Mc}{Mm} * 100$$

(VITAL, 1994)

Em que:

Rg = Rendimento gravimétrico (%);

Mc = Massa de carvão vegetal seco (g)

Mm = Massa de madeira seca (g).

A densidade dos carvões foi determinada de acordo com Vital (1984).

Durante a carbonização, os líquidos condensáveis foram coletados e pesados. A porcentagem de gases não condensáveis foi obtida indiretamente, fazendo-se $100 - (\% \text{ carvão} + \% \text{ líquido})$.

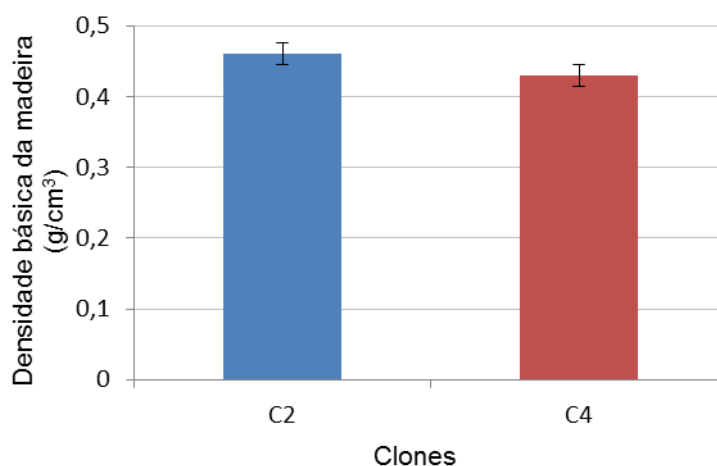
FIGURA 2. Líquido pirolenhoso



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de densidade básica da madeira (0,43 do clone c4 e 0,46 g/cm³ do clone c2) foram similares nos dois clones (Figura 1) e estão próximos aos encontrados em outros trabalhos, em híbridos *E. grandis* x *E. urophylla* com idades semelhantes. Gouvêa et al. (2011) encontraram densidade média de 0,444 g.cm⁻³ em clones com 24 meses de idade, Sette Junior et al. (2012) registraram densidade básica da madeira de *E. grandis* de 0,43 aos 24 meses de idade e Trugilho, Lima e Mendes (1996) observaram que a densidade básica da madeira entre 12 e 48 meses variou de 0,375 g.cm⁻³ a 0,518 g.cm⁻³. Assim, os clones avaliados apesar de jovens, apresentam madeira com densidade considerada adequada, o que geralmente se reflete na qualidade do carvão produzido. E os valores referentes ao rendimento gravimétrico teve media de 29,8% nas amostras do clone n° 2, e de 31,2% nas amostras do clone n° 4.

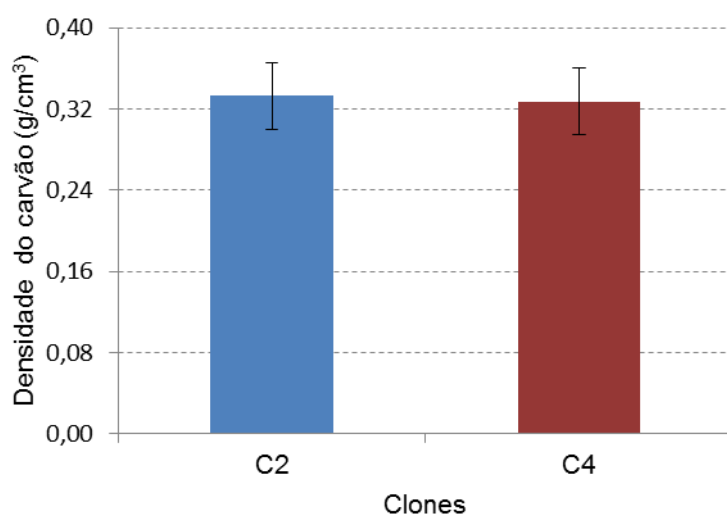
FIGURA 3. Densidade básica da madeira de dois clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.



Quanto à densidade do carvão (Figura 2), também não houve diferença entre clones. Considerando-se a alta correlação existente entre a densidade da madeira e a densidade do

carvão, houve coerência nos resultados, visto que a densidade da madeira dos clones é similar. A densidade encontrada média de 0,32 e 0,33 g/cm³ para os dois clones pode ser considerada dentro dos padrões, pois, nos carvões comerciais fica geralmente entre 0,25 e 0,35g/cm³.

FIGURA 4. Densidade do carvão de dois clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Não há diferença entre clones.



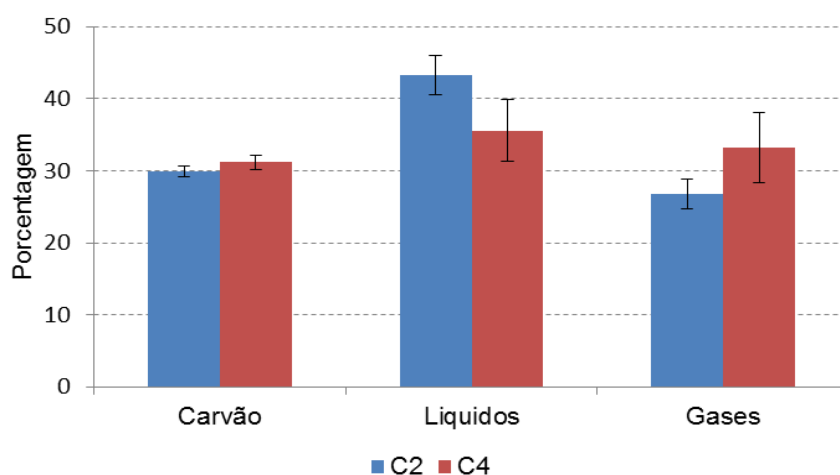
As porcentagens dos produtos da carbonização são apresentadas na Tabela 2 e na Figura 3. Observa-se que houve diferença nas três características, sendo que o C2 produziu menos carvão e maior porcentagem de líquidos, comparativamente ao C4. O rendimento de produção de carvão do C4 foi maior, assim como a produção de gases. Portanto, se o objetivo for a produção de carvão, o C4 deverá ser indicado para esta finalidade, porque produz maior quantidade de carvão e com a mesma densidade do carvão do C2.

TABELA 2 – Produtos da carbonização (médias $\pm$ desvio padrão) da madeira de dois clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophyllas*. Porcentagem de carvão, de líquido pirolenhoso e de gases não-condensáveis.

Clone	Carvão	Líquido	Gases
C2	29,8 $\pm$ 0,78	43,30 $\pm$ 2,75	26,77 $\pm$ 2,08
C4	31,2 $\pm$ 1,02	35,59 $\pm$ 4,32	33,24 $\pm$ 4,88

A porcentagem de gases não condensáveis foi obtida indiretamente, fazendo-se $100 - (\% \text{ carvão} + \% \text{ líquido})$.

FIGURA 3. Porcentagem de carvão, de líquido pirolenhoso e de gases não-condensáveis produzidos na carbonização da madeira de dois clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.



5 CONCLUSÕES

- Na carbonização da madeira do C4 há maior produção de carvão
- Na carbonização da madeira do C2 há maior produção de líquidos condensáveis.
- O C4 é o mais indicado para produção de carvão nas condições estudadas.
- Os dois clones tem madeira de mesma densidade
- O carvão produzido com a madeira dos dois clones tem densidade igual.

REFERÊNCIAS

- ALZATE, S. B. A. **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis* x *E. Urophylla***. 2004. 133 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais – Tecnologia de Produtos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, SP.
- BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: I., densidade e teor de lignina da madeira de eucalipto. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 14, p. 9-20, 1977.
- BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: I., densidade da madeira x densidade do carvão. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 20, p. 101-113, 1980.
- BRITO, J. O.; CINTRA, T. C. **Madeira para energia no Brasil: Realidade, visão estratégica e demandas de ações**. Biomassa & Energia, v. 1, n. 2, p. 159-161, 2004 (<http://www.renabio.org.br>) – Data de Acesso 27 de Outubro de 2014.
- BROOKER, M. I. H., KLEINING, D. A. **Field Guide to Eucalypts**. Vol 1. South-eastern Australia. Melbourne. Bloomings Books. 2006. 356p.
- CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C. Pirólise lenta da madeira para produção de carvão vegetal. In: SANTOS, F.; COLODETTE, J. L.; QUEIROZ, J. H. **Bioenergia e Biorrefinaria: cana-de-açúcar e espécies florestais**. Viçosa-MG: 2013. p. 429-457.
- CARVALHO, A. M. **Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha**. Piracicaba, 2000. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciências - Ciência e Tecnologia de Madeiras) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA (CIB). **Guia do eucalipto**. CIB, 2008. 20 p. Disponível em: <www.cib.org.br> Acesso em: 31 de Maio 2009.
- FERREIRA, M. Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal. **IPEF**, n. 45, p. 22-30, jan/dez, 1992.
- FREDERICO, P. G. U. **Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal**. Viçosa, 2009. p. 3-25, Dissertação (Pós-Graduação em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- GOUVÊA, A. F. G.; TRUGILHO, P. F.; GOMIDE, J. L.; SILVA, J. R. M.; ANDRADE, C. R. ; ALVES, I. C. N. Determinação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* por diferentes métodos não destrutivos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.2, p.349-358, 2011.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: SBS, 2000. 112 p.

OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. D. C. O.; VITAL, B. R.; ALMEIDA, W.; PEREIRA, B. L. C.; CARDOSO, M. T. – **Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell.** Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 432, set. 2010.

PIMENTA, A. S.; BARCELLOS, D. C. **Atualização em carvão vegetal**. Viçosa: UFV, 2004. 95 p. (Apostila).

PINHEIRO, P. C. C.; SAMPAIO, R. S.; REZENDE, M. E. A. **Fundamentos e prática da carbonização de biomassa**. Belo Horizonte: UFMG, 2001. 120 p. (Apostila).

SANTOS, R. C. **Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto**. Lavras, 2010. p. 18-19, Tese (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. (<http://www.prpg.ufla.br>) – Data de Acesso 27 e 28 de Outubro de 2014.

SETTE JR., C. R.; OLIVEIRA, I. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; YAMAJI, F. M.; LACLAU, J. P. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, n.6, p.1183-1190, 2012.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 94-116, jan/jun 1996.

VALE, A. T.; GENTIL, L. V. **Produção e uso energético de biomassa e resíduos agroflorestais**. In: OLIVEIRA, J. T. S; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Ed.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Jerônimo Monteiro-ES: 2008. p. 196-246.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1984. 21 p. (Boletim técnico 1).