



QUALIDADE DA MADEIRA DE TRÊS ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO GOIANO PARA FINS BIOENERGÉTICOS

Autores: Humberto Fauller de Siqueira (fauller_humberto@hotmail.com)¹; Thiago de Paula Protásio (depaulaprotasio@gmail.com)²; José Benedito Guimarães Júnior (jbguimaraesjr@hotmail.com)³; Carlos Rogério Andrade (cra.florestal@yahoo.com.br)⁴; Paulo Fernando Trugilho (trugilho@dcf.ufla.br)⁵; Ingrid Luz Guimarães (ingridg_2507@hotmail.com)⁶; Wagner Davel Canal (wagner.d.canal@gmail.com)⁷; Fernando Jesus Nogar Lisboa (fernogara@hotmail.com)⁸

Universidade Federal de Viçosa – UFV^(1,7)

Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí^(3,4,6,8)

Universidade Federal de Lavras – UFLA^(2,5)

RESUMO: Este trabalho objetivou avaliar a qualidade da madeira de três espécies do cerrado visando o uso bioenergético. Amostraram-se duas árvores de *Amburana cearensis*, *Myracrodruon urundeuva* e *Sclerolobium paniculatum*, retirando-se discos a 0, 25, 50, 75 e 100% da altura total. Foram determinadas a densidade básica, composição química elementar, estoque de carbono, densidade energética, PCS e PCI e a análise química imediata. A madeira de *Myracrodruon urundeuva* é a que apresenta maior densidade básica, PCS e teor de carbono fixo, porém menor teor de materiais voláteis; já a espécie *Sclerolobium paniculatum* apresentou menor teor de cinzas quando comparadas às demais espécies. Para as propriedades energéticas, a espécie *Amburana cearensis* apresentou valores médios intermediário entre as duas espécies. Conclui-se que as espécies *Myracrodruon urundeuva* e *Amburana cearensis* apresentam potencial para uso industrial, principalmente à produção de carvão vegetal para uso siderúrgico.

Palavras - chave: densidade básica, poder calorífico superior, energia da biomassa.

Wood quality of three native species of cerrado goiano for use bioenergetic

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the quality of wood from three species of cerrado, for the generation of bioenergy. Two sampled trees *Amburana cearensis*, *Myracrodruon urundeuva* and *Sclerolobium paniculatum*, removing discs at 0, 25, 50, 75 and 100% of the total height of the tree. For wood, basic density was determined, as well as elemental chemical composition, carbon stock, energy density, HHV and LHV and the immediate chemical analysis. The wood from *Myracrodruon urundeuva* is the one with the highest basic density, HHV and fixed carbon, and its energy density, it has a lower content of volatile materials; since the specie *Sclerolobium paniculatum* showed lower ash content compared to other species. For energy properties, *Amburana cearensis* species showed average values intermediate between the two species. It is concluded that the species *Myracrodruon urundeuva* and *Amburana cearensis* have potential for use industrial, principally charcoal production for steel use.

Keywords: basic density, higher heating value, carbonization, biomass energy.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de grande representação ambiental no cenário mundial, por possuir biomas com grande biodiversidade e riqueza, além de agregar um dos *hotspots* mundiais. O cerrado brasileiro, inicialmente apresentava área total de 2.047.146 km²; entre os anos de 2002 e 2008 foram desmatados 85.074 km², já nos anos de 2009 e 2010 houve diminuição do desmatamento para 6.469 km², representando 54,38% de redução do desmatamento (SFB, 2013).

Estas alterações no uso da terra, especificamente na derrubada de florestas para introdução de sítios agropastoris contribui para aumento da taxa de desmatamento, sendo o material lignocelulósico convertido em carvão vegetal ou utilizado para a geração direta de energia para suprir parte da demanda energética residencial ou industrial.

Dessa forma, há a necessidade de pesquisas científicas com espécies nativas para o conhecimento dos recursos naturais disponíveis no Brasil e do real potencial tecnológico das espécies lenhosas. Além disso, a investigação científica contribui consideravelmente para o uso sustentável dos recursos florestais, na formulação de políticas públicas de fomento ao manejo florestal, na elaboração de plano de manejo florestal sustentável (PFMS) e no subsídio de informações para a implantação comercial de espécies com potencial.

Por meio da elaboração do plano de manejo florestal sustentável é possível a exploração racional dos recursos florestais de forma comercial, este, quando aprovado, concilia a exploração sustentável dos recursos da floresta com o conhecimento tecnológico das espécies nativas contribuindo para o Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas no cerrado (PPCerrado), plano que visa à conservação e o uso sustentável do bioma.

Estudos sobre as características tecnológicas da madeira de espécies nativas tornam-se importantes para avaliação do seu potencial bioenergético, como os realizados por Vale et al. (2010), Paiva et al. (2011) e Costa et al. (2014), sendo que no Brasil, foram extraídos 34.313.637 m³ de lenha e produzidos 1.159.695 toneladas de carvão vegetal oriundo da extração vegetal (IBGE, 2012).

Apesar de Paiva et al. (2011), Protásio et al. (2011a) e Costa et al. (2014) mostrarem o potencial de espécies do bioma Cerrado na produção de energia, ainda existe ausência na literatura de informações qualitativas e quantitativas sobre a madeira oriundas de espécies nativas.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial tecnológico da madeira de três espécies do cerrado goiano visando à geração de bioenergia, especialmente para combustão direta e pirólise lenta.

MATERIAL E MÉTODOS

Material experimental

Foi utilizado no presente trabalho madeira de três espécies de ocorrência no cerrado procedentes de apreensão no estado de Goiás: *Myracrodruon urundeuva* Fr. All, *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C.Smith e *Sclerolobium paniculatum* Vogel.

Foram amostradas aleatoriamente duas árvores de cada espécie e retirados discos de aproximadamente 10 cm de espessura a 0 (base), 25, 50, 75 e 100% da altura total da árvore. Os discos foram subdivididos em quatro pares de cunhas opostas, sendo utilizado um

par de cunhas opostas para determinação da densidade básica e as demais para análises da madeira.

Avaliação da qualidade da madeira

A densidade básica da madeira (DB) foi determinada por meio do método hidrostático, com imersão em água, segundo a NBR 11941 (ABNT, 2003).

Por meio da análise elementar realizada em um analisador universal da marca Elementar (modelo Vario Micro Cube), foi possível a quantificação dos teores de carbono (C) e hidrogênio (H), em relação à massa seca da madeira. As amostras foram moídas e peneiradas, sendo utilizada a fração que passou pela peneira de 200 mesh e ficou retida na peneira de 270 mesh. Adicionalmente, foi determinada a relação H/C da madeira.

Dessa forma, foi possível calcular o estoque em carbono na madeira por unidade de volume (ECM) conforme apresentado na Equação 1.

$$ECM = DB * (C / 100) \quad (1)$$

As densidades energéticas superiores (DEPCS) e inferiores (DEPCI) foram obtidas por meio do produto da densidade básica pelos poderes calorífico superior (PCS) e inferior (PCI), respectivamente.

Para a quantificação do poder calorífico superior (PCS) foi utilizado um calorímetro digital da marca IKA® C-200 de acordo com os procedimentos descritos na ASTM E711-87 (ASTM, 2004). O poder calorífico inferior a 0% de umidade foi estimado utilizando a Equação 2 (KOLLMANN e COTÊ, 1968).

$$PCI = PCS - (600 * 9H / 100) \quad (2)$$

Foi realizada a análise química imediata da madeira visando à determinação dos teores de materiais voláteis, cinzas e, por diferença, de carbono fixo (TCF), conforme procedimento estabelecido na ASTM D1762-84 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS, 2001).

Análise Estatística

Na avaliação das características da madeira foram consideradas duas repetições e utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado disposto em esquema fatorial duplo 3x5, ou seja, considerando como níveis dos fatores as três espécies e as cinco posições longitudinais de amostragem no tronco das árvores.

Quando verificado efeito significativo de espécie foi utilizado o Teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância. Já para avaliação do efeito da posição longitudinal foram ajustados modelos de regressão linear simples.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software R versão 3.0.1 e pacote stats (R CORE TEAM, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Avaliação tecnológica da madeira

A partir dos resultados obtidos, observa-se que não houve efeito estatístico significativo da interação espécie x posição longitudinal e efeito da posição longitudinal de amostragem

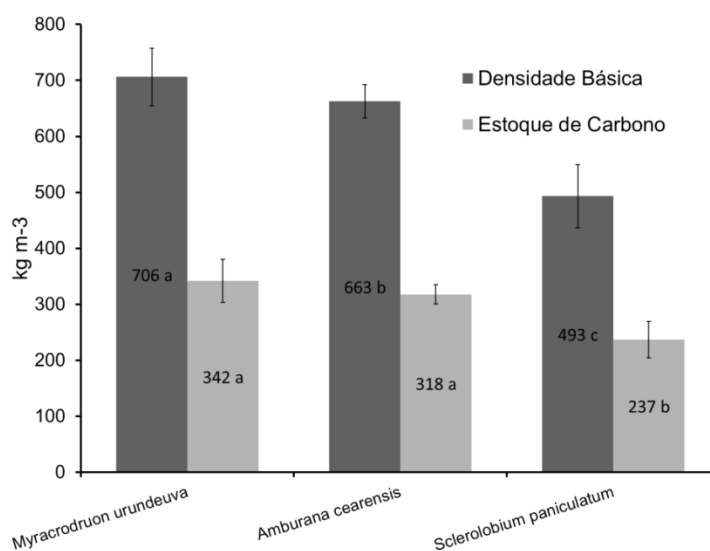
para algumas características da madeira, evidenciando que todas as partes do tronco apresentam aptidão similar para o uso energético (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo das análises de variância para algumas características da madeira

FV	GL	Quadrado Médio						
		DB (kg m ⁻³)	EC (kg m ⁻³)	DE _{PCS} (Gcal m ⁻³)	DE _{PCI} (Gcal m ⁻³)	H (%)	C (%)	H/C
ESP	2	126722,700*	30238,590*	2,925*	2,507*	0,447*	0,473 ^{ns}	0,038*
POS	4	3474,674 ^{ns}	1768,187 ^{ns}	0,116 ^{ns}	0,100 ^{ns}	0,031 ^{ns}	5,050 ^{ns}	0,001 ^{ns}
E x P	8	2205,681 ^{ns}	651,873 ^{ns}	0,058 ^{ns}	0,049 ^{ns}	0,110 ^{ns}	5,981 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Erro	15	1949,624	891,024	0,039	0,033	0,086	3,278	0,001
Média		620	298	2,994	2,783	6,3	48,0	1,5
CVe		7,11	10,00	6,65	6,56	4,70	3,77	1,63

FV: fator de variação; GL: grau de liberdade; CVe: coeficiente de variação experimental; DB: densidade básica; EC: estoque de carbono; DE_{PCS}: densidade energética base poder calorífico superior; DE_{PCI}: densidade energética base poder calorífico inferior; H: teor de hidrogênio; C: teor de carbono; H/C: relação hidrogênio/carbono. *: significativo a 5% pelo Teste de F; ^{ns}: não significativo a 5% pelo Teste de F.

Na Figura 1 observa-se os valores médios de densidade básica e estoque de carbono para as três espécies estudadas, bem como o teste de comparação múltipla realizado. Segundo classificação do IBAMA (2011), madeiras com densidade básica entre 500 e 720 kg m⁻³ são classificadas como média densidade, e valores abaixo e acima são classificadas como baixa e alta densidade, respectivamente.



As barras nas colunas referem-se ao desvio padrão amostral.

Figura 1 - Valores médios de algumas características da madeira

As espécies *Myracrodruon urundeuva* e *Amburana cearensis* são classificadas como madeiras de média densidade e a espécie *Sclerolobium paniculatum* classificada como madeira de baixa densidade.

Vale et al. (2010) em estudo com espécies do cerrado encontraram valores superiores de densidade básica, sendo *Pterodon pubescens* (820 kg m^{-3}), *Dalbergia miscolobium* (800 kg m^{-3}) e *Sclerolobium paniculatum* (780 kg m^{-3}). Nota-se que para a madeira da espécie *Sclerolobium paniculatum* os autores observaram valores superiores de densidade básica, sendo que essa diferença pode ser atribuída à idade e/ou local de coleta.

Neves et al. (2011) e Reis et al. (2012) encontraram densidade básica média para clones de *Eucalyptus*, com idade variando entre 3,5 e 7 anos, inferior ao observado neste trabalho para as espécies *Myracrodruon urundeuva* e *Amburana cearensis*, indicando o potencial dessas espécies para produção de carvão vegetal e energia térmica. Estas espécies também apresentam estoque em carbono próximo ao encontrado por Santos et al. (2013) em estudos com madeiras oriundas de plano de manejo florestal do Rio Grande do Norte.

Segundo Lima et al. (2011), a densidade energética considera a energia contida num determinado volume de madeira. A espécie *Myracrodruon urundeuva* foi a que apresentou valores mais elevados para essa propriedade (Figura 2).

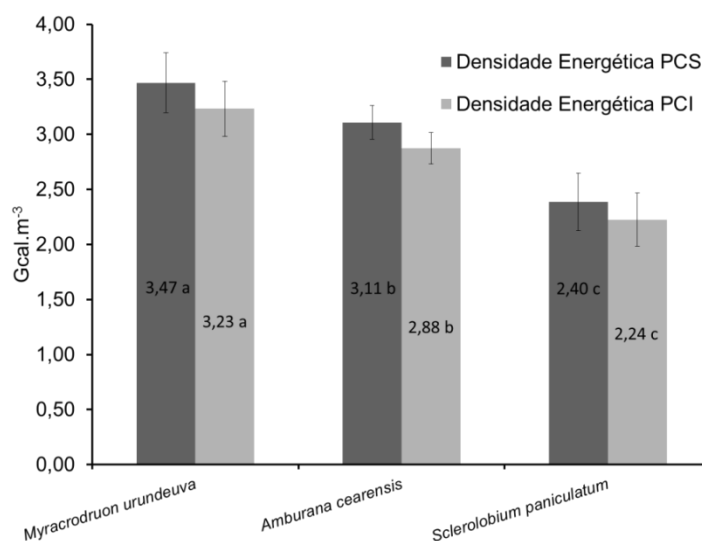


Figura 2 - Valores médios da densidade energética da madeira

Pereira et al. (2012) em estudos com clones de *Eucalyptus spp.*, com sete anos e meio de idade, encontraram valores médios inferiores ($2,56 \text{ Gcal m}^{-3}$) às espécies *Myracrodruon urundeuva* e *Amburana cearensis*, isto indica que a madeira destas espécies apresentam considerável potencial para a geração de energia térmica comparativamente aos clones de *Eucalyptus* utilizados para essa finalidade no Brasil.

A espécie *Amburana cearensis* apresentou maior teor de H e maior relação H/C. Já o teor de carbono na madeira não diferiu significativamente entre as espécies estudadas (Tabela 2).

**Tabela 2** - Valores médios da composição elementar da madeira

Espécie	H (%)	C (%)	H/C
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	6,18 b	48,29	1,51 b
<i>Amburana cearensis</i>	6,48 a	47,92	1,62 a
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	6,08 b	47,91	1,52 b
Média	6,25	48,04	1,55
CVe (%)	4,70	3,77	1,63

H: teor de hidrogênio; C: teor de carbono; H/C: relação hidrogênio/carbono. Valores médios seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância.

Os valores encontrados para os teores dos componentes elementares (C e H) e a relação H/C estão coerentes ao relatado na literatura para diversos tipos de combustíveis lignocelulósicos (Lima et al. 2011; Pereira et al., 2012).

Para as características da madeira que apresentaram efeito significativo na interação espécie x posição longitudinal realizou-se o desdobramento e avaliação do efeito da espécie dentro da posição longitudinal (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo das análises de variância para as características que houve interação significativa entre espécie x posição longitudinal

FV	GL	Quadrado Médio				
		PCS (kcal kg ⁻¹)	PCI (kcal kg ⁻¹)	TMV (%)	TCZ (%)	TCF (%)
ESP	2	145001,07*	172989,92*	27,37*	2,43*	29,48*
POS	4	18448,87*	16960,53*	3,11*	0,07*	2,25*
E x P	8	9788,73*	9502,66*	1,59*	0,07*	2,02*
Erro	15	2492,30	3138,54	0,06	0,00	0,06
Média		4827	4489	82,30	0,74	16,96
CVe (%)		1,03	1,25	0,30	2,10	1,43

FV: fator de variação; GL: grau de liberdade; CVe: coeficiente de variação experimental; PCS: poder calorífico superior; PCI: poder calorífico inferior; TMV, TCZ e TCF: teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo, respectivamente. *: significativo a 5% pelo Teste de F; ns: não significativo a 5% pelo Teste de F.

Não houve efeito significativo da posição longitudinal no poder calorífico superior, da madeira das espécies *Amburana cearensis* (4688 kcal kg⁻¹) e *Sclerolobium paniculatum* (4553 kcal kg⁻¹). Contudo, Brand (2010) relata que, do ponto de vista prático, para geração de energia, considera-se diferença significativa no PCS maior que 300 kcal kg⁻¹.

Observa-se que o poder calorífico superior da madeira decresce de acordo com o aumento da posição longitudinal para a espécie *Myracrodruon urundeuva*, contudo essa variação não é significativa do ponto de vista prático, conforme relatado por Brand (2010) e apresentado na Figura 3.

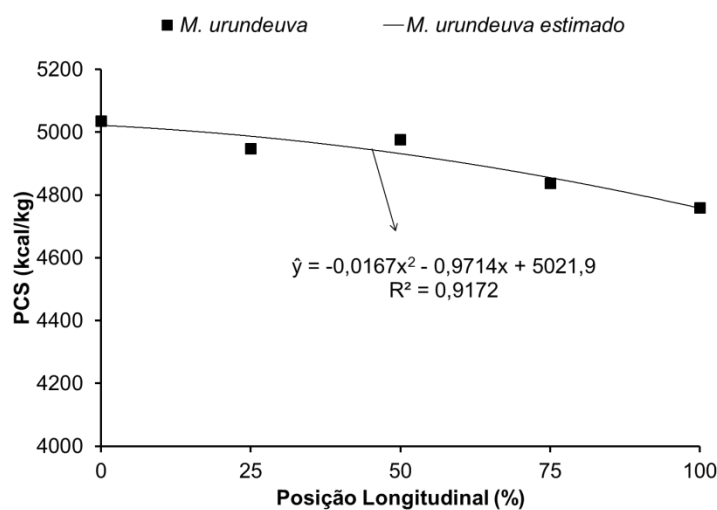


Figura 3 - Relação entre o poder calorífico superior (PCS) e a posição longitudinal

Os valores encontrados para o poder calorífico superior estão coerentes ao encontrado por Lima et al. (2011) e Soares et al. (2014) com estudos sobre madeira de *Eucalyptus* para fins energéticos, com idade entre 5 e 6 anos, 4.547 kcal.kg⁻¹ e 4.681 kcal.kg⁻¹, respectivamente.

A espécie *Amburana cearensis* apresentou valor médio de poder calorífico inferior (PCI) igual a 4.338 kcal.kg⁻¹, pois não houve efeito significativo da posição longitudinal para esta espécie; para as demais observa-se uma diminuição com o aumento da posição longitudinal (Figura 4).

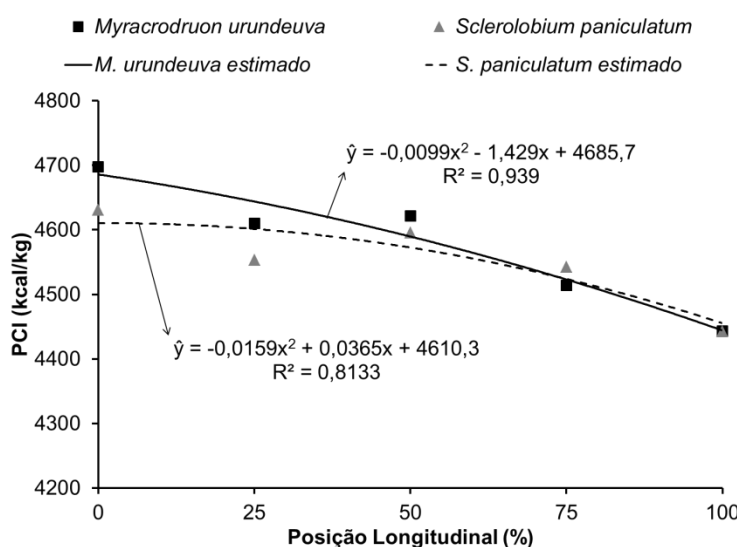


Figura 4 - Relação entre o poder calorífico inferior (PCI) e a posição longitudinal

Santos et al. (2013), encontraram valores semelhantes para madeira da espécie *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret, que apresentou maior PCI (4380 kcal kg⁻¹), indicando o potencial energético das madeiras estudadas comparativamente aos resultados relatados na literatura.

Observa-se um aumento gradual no teor de materiais voláteis em função da posição longitudinal, com tendência de estabilização nas posições longitudinais próximas ao topo para as madeiras das espécies *Myracrodruon urundeuva* e *Sclerolobium paniculatum* (Figura 5).

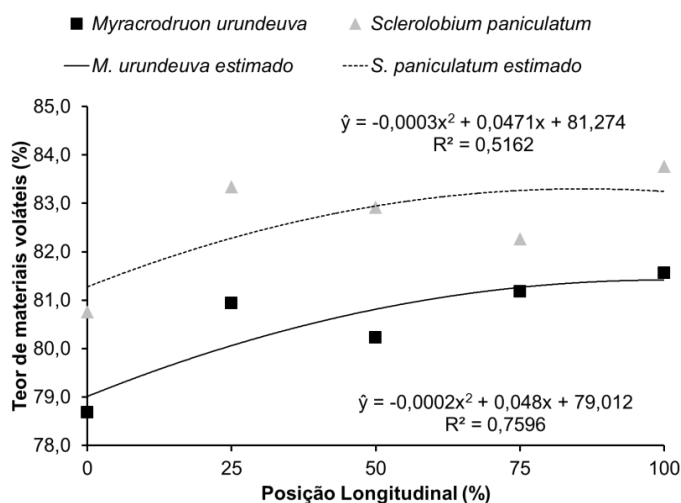


Figura 5 - Teor de materiais voláteis em função da posição longitudinal

De acordo com Santos et al. (2013) o teor de materiais voláteis representa a queima no estado gasoso da madeira e o teor de carbono fixo representa a queima no estado sólido, responsável pela formação da massa amorfa. Assim, a relação entre esses parâmetros está relacionada ao tempo e as fases da combustão.

Santos et al. (2013) avaliando o potencial energético de madeira da Caatinga com 20 anos de idade, encontraram valores superiores para as espécies *Piptadenia stipulacea* (87,52%) e *Croton sonderianus* (87,44%).

Quanto ao teor de carbono fixo, observa-se que a espécie *Myracrodruon urundeuva* apresenta maior valores carbono fixo (18,53 %) e *Amburana cearensis* o menor valor (15,12 %). O teor de carbono fixo foi representado por um decréscimo em relação ao aumento da posição longitudinal (Figura 6).

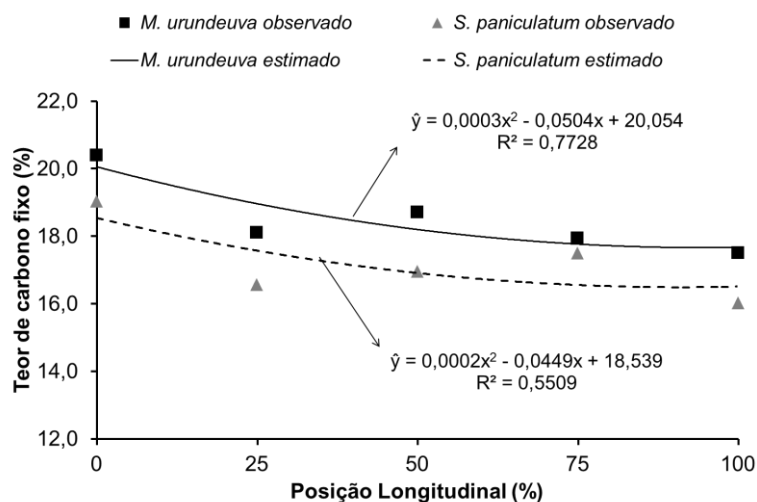


Figura 6 - Representação gráfica do teor de carbono fixo em função da posição longitudinal.

Quanto ao teor de cinzas na madeira observa-se que as espécies *Myracrodruon urundeuva* apresentou resultado intermediário (0,96 %), refletindo um acréscimo gradual do teor de cinzas da base até a posição longitudinal mediana e, um posterior decréscimo até o topo. Para espécie *Sclerolobium paniculatum* há uma variação contrária, em que o teor de cinzas decresce da base até a posição mediana e, posteriormente, aumenta até o topo (Figura 7).

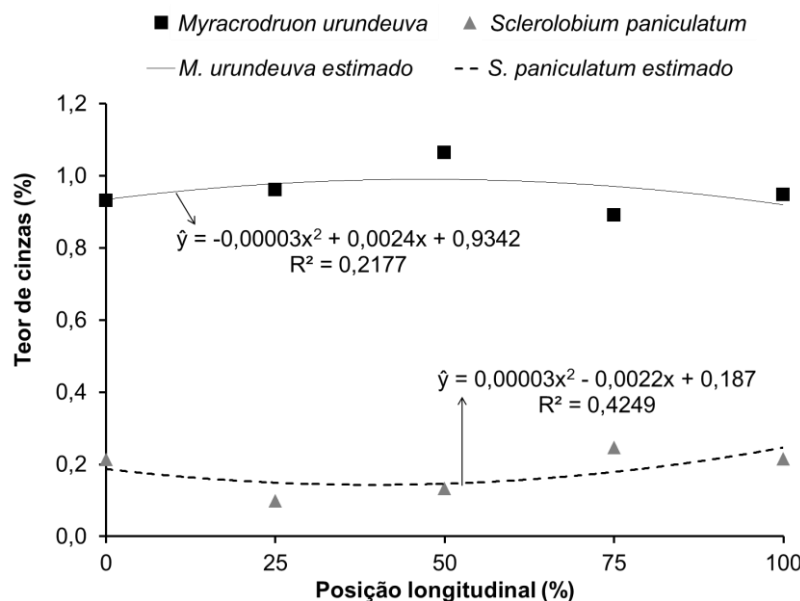


Figura 7 - Representação gráfica do teor de cinzas em função da posição longitudinal

Segundo Brand (2010), os minerais são constituintes inorgânicos e não participam do processo de combustão da biomassa, sendo indesejável a utilização de materiais com alto teor destes minerais, principalmente para fins energéticos.

Na literatura são comumente encontrados baixos valores para teor de cinzas na madeira de eucalipto 0,07% a 1% (Neves et al. 2011; Pereira et al. 2012; Soares et al. 2014), corroborando com as espécies *Sclerolobium paniculatum* e *Myracrodruon urundeuva*.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que as espécies do cerrado goiano apresentam potencial tecnológico para geração direta de energia. A madeira das espécies *Myracrodruon urundeuva* e *Sclerolobium paniculatum* apresenta características satisfatórias para este fim, principalmente a espécie *Myracrodruon urundeuva* pela elevada densidade energética superior.

A espécie *Myracrodruon urundeuva* e *Amburana cearensis* apresentam potencial para produção de carvão vegetal de uso siderúrgico, pelos elevados resultados para as características da madeira.

Estas espécies apresentam resultados satisfatórios para estar contida em plano de manejo florestal sustentável para fins de uso energético industrial, como as espécies *Myracrodruon urundeuva* e *Amburana cearensis*, e residencial ou outras formas de transformação energética, como *Sclerolobium paniculatum*.



AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado do primeiro autor, ao Núcleo de Estudos e Pesquisa em Produtos Florestais (NEPPFLOR) da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí e à Universidade Federal de Lavras (UFLA)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. **E711-87: Standard Test Method for Gross Calorific Value of Refuse-Derived Fuel by the Bomb Calorimeter.** Philadelphia: ASTM International, 2004. 8p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. **D1762-84: Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal.** Philadelphia: ASTM International, 2001. 2p.

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

ASSIS, M. R.; PROTÁSIO, T. P.; ASSIS, C. O.; TRUGILHO, P. F.; SANTANA, W. M. S. Qualidade e rendimentos do carvão vegetal de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 71, p. 291-302, 2012.

BRAND, M. A.; **Energia de biomassa florestal.** Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131 p.

COSTA, T.G.; BIANCHI, M.L.; PROTÁSIO, T.P.; TRUGILHO, P.F.; PEREIRA, A.J.; Qualidade da madeira de cinco espécies de ocorrência no cerrado para produção de carvão vegetal; **Cerne**, Lavras, v.20,n.1,p.37-45, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção e extração de lenha e carvão no estado de Goiás em 2012.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br> >. Acesso em: 13 de Junho de 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA.. **Madeiras brasileiras.** 2011. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/caracteristicas.php?ID=293&caracteristica=2>> .Acesso em 28 de agosto de 2014.

KOLLMANN, F.F.P.; COTÊ, W.A. **Principles of wood science and technology.** Berlin: Springer Verlag, 1968. 592p.

LIMA E. A.; SILVA, H. D.; LAVORANTI, O. J.; Caracterização dendroenergética de árvores de *Eucalyptus benthamii*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 65, p. 09-17, 2011.



NEVES, T. A.; PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V. O.; VIEIRA, C. M. M. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 319 – 330, 2011.

PAIVA, A. O.; REZENDE, A. V.; PEREIRA, R. S.; Estoque de carbono em cerrado *Sensu stricto* do Distrito Federal. **Revista Árvore**. Viçosa, v.35, n.3, p.527-538, 2011.

PEREIRA, B. L. C., OLIVEIRA, A. C., CARVALHO, A. M. M. L., CARNEIRO, A. C. O., SANTOS, L. C., VITAL, B. R. Quality of wood and charcoal from *Eucalyptus* clones for ironmaster use. **International Journal of Forestry Research**, 8p. v. 2012. DOI: 10.1155/2012/523025.

PROTÁSIO, T. P.; SANTANA, J. D. P.; GUIMARÃES NETO, R. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; TRUGILHO, P. F.; RIBEIRO, I. B.; Avaliação da qualidade do carvão vegetal de *Qualea parviflora*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.31, n.68, p.295-307, 2011a.

PROTÁSIO, T. P.; TRUGILHO, P. F.; NEVES, T. A.; VIEIRA, C. M. M. Análise de correlação canônica entre características da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 317-326, 2012.

PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; REIS, A. A.; TRUGILHO, P. F. Seleção de clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal e bioenergia por meio de técnicas univariadas e multivariadas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 97, 2013.

PROTÁSIO, T. P.; GOULART, S. L.; NEVES, T. A.; TRUGILHO, P. F.; RAMALHO, F. M. G.; QUEIROZ, L. M. S. B. Qualidade da madeira e do carvão vegetal oriundos de floresta plantada em Minas Gerais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 78, p. 111-123, 2014.

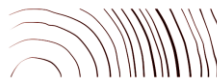
R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2014. Available from: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 18 ago. 2014.

REIS, A. A.; PROTÁSIO, T. P.; MELO, I. C. N. A.; TRUGILHO, P. F.; CARNEIRO, A. C. O.; Composição da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus urophylla* em diferentes locais de plantio. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.32, n.71, p.277-290, 2012.

SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; PIMENTA, A. S.; CASTRO, R. V. O.; MARINHO, I. V.; TRUGILHO, P. F.; ALVES, I. C.N.; CASTRO, A. F. N. M.; Potencial energético da madeira de espécies oriundas de plano de manejo florestal no estado do Rio Grande do Norte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.2, p.491-502, 2013.

II CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Belo Horizonte - 2015



II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Belo Horizonte - 20 a 22 set 2015



SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução SAA – 10 e 11 de julho de 2003. Define norma de padrões mínimos de qualidade para carvão vegetal (PMQ 3-03), como base para certificação de produtos pelo sistema de qualidade de produtos agrícolas, pecuários e agroindustriais do Estado de São Paulo, instituído pela Lei 10.481-99. **Diário Oficial [do] Poder Executivo**: seção I, São Paulo, v.113, n. 129, 12 jul. 2003.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB. **Florestas do Brasil em resumo – 2013: dados de 2007-2012**. Brasília, DF: SFB, 188p. 2013.

SOARES, V. C.; BIANCHI, M. L.; TRUGILHO, P. F.; PEREIRA, A. J.; HOFER, J.; Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbrido de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.3, p.543-549, 2014.

VALE, A. T.; MENDES, R. M.; AMORIM, M. R. S.; DANTAS, V. F. S.; Potencial energético da biomassa e carvão vegetal do epicarpo e da torta de pinhão manso (*Jatropha curcas*). **Cerne**, Lavras, v.17, n.2, p.267-273, 2011.

VALE, A.T.; DIAS, I.S.; SANTANA, M.A.E.; Relações entre as propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies do cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.20, n.1, p.137-145, 2010.