

Insights sobre subprodutos da madeira de espécies do semiárido brasileiro

Resumo: Este estudo teve por objetivo analisar a madeira de dez espécies endêmicas da região do semiárido brasileiro, sobretudo quando submetida à pirólise. Na madeira foram analisados os teores de extrativos totais, lignina e cinzas e poder calorífico. Amostras foram submetidas ao processo de pirólise flash sob uma temperatura de 500 °C com um tempo de permanência de 5 minutos. Os rendimentos em carvão vegetal, líquido pirolenhoso e gases não condensáveis foram determinados. A madeira das espécies *Mimosa tenuiflora* e *Poincianella pyramidalis* mostraram-se as mais indicadas para uso de biomassa para energia e para a produção de carvão vegetal em função dos seus elevados teores de lignina, rendimentos em carvão e líquido pirolenhoso.

Palavras-chave: Energia da biomassa; Líquido pirolenhoso; Carvão vegetal.

Insights on by-products of wood of species of the brazilian semiárido

Abstract: The objective this research was to analyze the wood of ten endemic species of the Brazilian semiarid region, especially when submitted to pyrolysis. They were determined in the wood extractives, lignin and ash and calorific value. Samples were subjected to the flash pyrolysis process under a temperature of 500 °C with a residence time of 5 minutes. The yields of charcoal, pyroligneous liquid and non-condensable gases were determined. The wood of the species *Mimosa tenuiflora* and *Poincianella pyramidalis* were the most suitable for energetic use and charcoal production due to their high lignin contents, yields in charcoal and pyroligneous liquid.

Keywords: Biomass energy; Pyroligneous liquid; Charcoal.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* se faz presente na grande maioria das espécies utilizadas para produção de energia (Indústria Brasileira de Árvores, 2017). Seu uso provém da alta variedade de clones já estabelecidos no mercado da celulose, que possui forte investimento em melhoramento genético. Por mais que clones deste gênero tenham sido desenvolvidos mais adaptados às condições de estresse hídrico (Castro et al., 2017), a baixa pluviosidade de algumas regiões, a exemplo do semiárido nordestino, limitam o desenvolvimento dos plantios, que não conseguem atingir todo seu potencial produtivo, apresentando alta mortalidade.

A Caatinga, vegetação predominante no semiárido nordestino, possui espécies já naturalmente adaptadas às condições de restrição hídrica, e estudos podem revelar espécies arbóreas com grande estimo para geração de bioenergia. É crescente, ainda, a demanda por produtos energéticos no semiárido brasileiro (Paes et al., 2012), fato que aumenta a pressão sobre a flora nativa, objetivando principalmente a obtenção de lenha e carvão vegetal e,

apesar da importância da vegetação da região do semiárido como fonte de energia, é grande a carência de informações sobre o material lenhoso para esta finalidade.

Com o intuito de obter informações acerca da ação do calor na madeira e dos subprodutos por ela produzidos, este estudo teve por objetivo analisar a madeira de dez espécies endêmicas da região do semiárido brasileiro submetidas ao processo de pirólise, sobretudo quanto à viabilidade de uso para produção de energia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de madeira foram obtidas de dez espécies arbóreas do semiárido brasileiro, adquiridas junto à Associação Plantas do Nordeste (APNE), oriundas de áreas de manejo florestal situadas em acampamentos rurais do Estado do Pernambuco.

As amostras de madeira foram moídas e homogeneizadas pela passagem em peneira de 40 mesh em seguida tiveram o teor de extrativos totais determinados segundo a norma TAPPI T-12 05-75 (1975) e o teor de lignina klason seguindo a norma TAPPI 222 05-74 (1974). O teor de cinzas da madeira foi obtido por meio da análise imediata segundo a norma NBR 8112 (ABNT, 1986). O poder calorífico superior foi determinado em um calorímetro IKA C500 segundo a NBR 8633 (ABNT, 1984).

Para a realização do processo térmico da pirólise flash, as amostras de madeiras previamente secas em estufa regulada a 103 ± 2 °C foram cavaqueadas e moídas em moinho tipo Willey, utilizando 5 ± 1 g de madeira passada em peneira com malha granulométrica de 40 mesh. O processo foi conduzido num dispositivo de pirólise “Gray-King Setup” (GKS) contendo um tubo de retorta de vidro inserido em um forno mufla de aquecimento elétrico, em atmosfera inerte saturada com gás nitrogênio, na temperatura de 500 °C por um tempo de permanência de 5 minutos. O controle da temperatura foi realizado mediante a inclusão de termopares na zona de reação do tubo de vidro que continha a amostra de madeira. Um tubo em “U” imerso em gelo foi usado para proporcionar a coleta dos gases condensáveis gerados.

Realizadas as pirólises, as massas de carvão vegetal contido no tubo de vidro e de líquido pirolenhoso depositado no tubo tipo “U” foram mensurados, para em seguida prosseguir com os cálculos dos rendimentos, obtidos com auxílio das Equações 1, 2 e 3, respectivamente.

(Equação 1)

(Equação 2)

(Equação 3)

Em que: RCV (%) = rendimento em carvão vegetal (%); Mcv = massa seca de carvão vegetal; Mm = massa seca da madeira; RLP (%) = rendimento em líquido pirolenhoso; Mlp = massa do líquido pirolenhoso e RGNC (%) = rendimento em gases não condensáveis.

Os dados obtidos neste estudo foram submetidos inicialmente ao teste de normalidade (Shapiro Wilk) e ao teste de homocedasticidade de variâncias (Levene). Para a análise de variância (ANAVA) utilizou-se um delineamento inteiramente aleatorizado (DIA) com cinco repetições por espécie e, para comparação múltipla das médias, foi aplicado o teste de Scott-Knott a 95% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do software Minitab16.1®.

3. RESULTADOS

Na Tabela 1 encontram-se os valores médios da análise química, teor de cinza e poder calorífico superior da madeira das espécies analisadas, sendo possível observar que as espécies *Anadenanthera colubrina*, *Mimosa tenuiflora* e *Comminphora leptophloeos* apresentaram os maiores valores para o teor de extrativos totais na madeira (>20%). Em contrapartida, para o teor de lignina, característica associada ao rendimento em carvão vegetal, observa-se maior valor para *Mimosa tenuiflora*. As madeiras das espécies *Cnidoscolus quercifolius*, *Jatropha grossidentata* e *Comminphora leptophloeos* apresentaram valor próximos a 27% e as demais espécies tiveram valores médios próximos a 25% para essa variável.

Tabela 1. Análise química e poder calorífico superior da madeira.

Espécie	TEX (%)	LIG (%)	TCZ (%)	PCS (kcal kg ⁻¹)
<i>Anadenanthera colubrina</i>	20,68 ^a (0,52)	24,89 ^c (1,06)	1,78 ^c (0,11)	4467 ^c (28,58)
<i>Poincianella pyramidalis</i>	15,15 ^c (0,71)	25,19 ^c (0,68)	2,82 ^a (0,29)	4291 ^d (21,07)
<i>Cnidoscolus quercifolius</i>	17,25 ^b (0,95)	27,53 ^b (0,18)	0,80 ^d (0,02)	4888 ^a (16,62)
<i>Piptadenia stipulacea</i>	13,60 ^c (0,49)	24,91 ^c (0,70)	0,45 ^e (0,01)	4605 ^c (14,91)
<i>Mimosa tenuiflora</i>	23,31 ^a (0,33)	32,80 ^a (0,60)	0,92 ^d (0,05)	4912 ^a (19,91)
<i>Manihot carthaginensis</i>	14,64 ^c (2,04)	23,68 ^c (0,81)	1,79 ^c (0,11)	4385 ^d (28,58)
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	17,69 ^b (0,37)	25,31 ^c (0,28)	0,92 ^d (0,02)	4688 ^b (12,12)
<i>Platygyamus regnelli</i>	12,59 ^c (0,55)	24,86 ^c (0,26)	0,32 ^b (0,02)	4613 ^c (14,33)
<i>Jatropha grossidentata</i>	16,16 ^b (0,71)	27,09 ^b (1,49)	1,05 ^d (0,16)	4752 ^b (12,99)
<i>Comminphora leptophloeos</i>	21,25 ^a (0,51)	27,04 ^b (0,24)	0,64 ^e (0,01)	4586 ^c (16,29)

Em que: TEX = teor de extrativos; LIG = teor de lignina; TCZ = teor de cinzas; PCS = poder

calorífico superior. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média ($\pm$).

Com relação ao teor de cinzas, as espécies *Piptadenia stipulacea* e *Comminphora leptophloeos* apresentaram os menores valores, enquanto o maior valor médio detectado foi para a madeira de *Poincianella pyramidalis*.

Na Tabela 2 é possível observar que as madeiras das espécies *Mimosa tenuiflora*, *Manihot carthaginensis* e *Platycyamus regnelli* obtiveram os maiores rendimentos em carvão vegetal, enquanto para o rendimento em líquido pirolenhoso, *Poincianella pyramidalis* e *Piptadenia stipulacea* apresentaram como espécies potenciais para obtenção desse produto. Em consequência desses resultados, as referidas espécies juntamente com *Platycyamus regnelli* apresentaram os menores valores médios de rendimento em gases não condensáveis.

Tabela 2. Rendimento gravimétrico em carvão vegetal (RCV), líquido pirolenhoso (RLP) e em gases não condensáveis (RGNC).

Espécie	RCV (%)	RLP (%)	RGNC (%)
<i>Anadenanthera colubrina</i>	26,81 ^c (2,38)	26,76 ^d (1,66)	46,42 ^b (0,98)
<i>Poincianella pyramidalis</i>	30,01 ^b (2,20)	36,39 ^a (1,65)	33,60 ^e (1,01)
<i>Cnidoscolus quercifolius</i>	23,56 ^d (1,98)	34,77 ^b (1,95)	41,67 ^c (1,55)
<i>Piptadenia stipulacea</i>	28,98 ^b (3,33)	37,94 ^a (2,22)	33,08 ^e (1,49)
<i>Mimosa tenuiflora</i>	32,72 ^a (3,42)	30,77 ^c (2,35)	36,52 ^d (1,78)
<i>Manihot carthaginensis</i>	31,88 ^a (1,91)	32,44 ^c (1,28)	35,68 ^d (2,01)
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	23,27 ^d (5,33)	24,22 ^d (3,32)	52,52 ^a (0,99)
<i>Platycyamus regnelli</i>	32,52 ^a (2,37)	34,87 ^b (1,10)	32,61 ^e (1,36)
<i>Jatropha grossidentata</i>	29,39 ^b (4,21)	34,34 ^b (3,20)	36,27 ^d (1,47)
<i>Comminphora leptophloeos</i>	28,81 ^b (4,20)	33,09 ^b (3,49)	38,10 ^c (1,36)

4. DISCUSSÃO

Os maiores valores para o teor de extrativos totais na madeira das espécies *Anadenanthera colubrina*, *Mimosa tenuiflora* e *Comminphora leptophloeos* podem ser considerados bastante elevados ao se comparar, por exemplo, com o valor médio de 5% para madeiras de quatro clones de *Eucalyptus* analisadas por Santos et al. (2011). A capacidade energética de determinada espécie é influenciada, principalmente, pela composição química da madeira, particularmente pelos teores de extrativos e lignina (DEMIRBAS, 2001), fato observado pelo maior valor do poder calorífico superior para a espécie *Mimosa tenuiflora*.

Costa et al. (2014), ao avaliarem a madeira de cinco espécies de ocorrência no

cerrado, encontraram teor de lignina variando de 19,88% a 26,87%. Apesar do teor de lignina estar associado ao rendimento em carvão vegetal (PROTÁSIO et al., 2012), variáveis como a densidade básica da madeira, produtividade de massa seca, características anatômicas do lenho e metodologias do processo de conversão também devem ser consideradas para a seleção de espécies arbóreas visando a produção de carvão vegetal (BRITO, 1990; DEMIRBAS, 2001).

Paes et al. (2013), ao avaliarem três espécies de ocorrência na Caatinga, obtiveram teores de cinzas inferiores a 2,10%. Nesse sentido, pode-se afirmar que os teores de cinza encontrados foram baixos e não comprometem o uso energético da madeira tanto como lenha para combustão quanto no processo de transformação em carvão, uma vez que o elevado teor de cinzas na madeira pode resultar em um carvão com elevado conteúdo de minerais e pode ainda comprometer o poder calorífico do biorredutor produzido.

Os valores de rendimento em carvão obtido por Costa et al. (2014) situaram-se entre 30,88% a 34,39%. Tais valores são condizentes aos obtidos para as espécies *Mimosa tenuiflora*, *Poincianella pyramidalis*, *Manihot carthaginensis* e *Platycyamus regnelli* e inferiores aos obtidos por Oliveira et al. (2006) para madeira de *Mimosa tenuiflora*, variando de 37,82% a 41,06% (rendimento em carvão) e de 30,56% a 34,31% (rendimento em líquido pirolenhoso). Tais diferenças podem estar associadas às diferentes variáveis dos processos de pirólise aplicada nos materiais.

Considerando que a madeira de eucalipto tem sido amplamente utilizada para energia, os resultados aqui obtidos demonstram o elevado potencial das espécies nativas do semiárido brasileiro.

5. CONCLUSÕES

A madeira das espécies *Mimosa tenuiflora* e *Poincianella pyramidalis* foram as mais indicadas para o uso energético (combustão e pirólise).

Sugerem-se estudos futuros com o intuito de identificar melhores potenciais de utilização dos subprodutos advindos a pirólise.

6. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8112/86. Rio de Janeiro, 1986.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8633/84. Rio de Janeiro, 1984.

Brito JO. Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira. IPEF (Documentos Florestais) 1990, (9):1-19.

Castro VR, Surdi PG, Filho MT, Chaix G, Laclau JP. Efeito da disponibilidade hídrica e da aplicação de potássio e sódio no crescimento em diâmetro do tronco de árvores de *Eucalyptus grandis*. Scientia Forestalis 2017, 45(113) 89-99.

Costa TG, Bianchi ML, Protásio TP, Trugilho PF, Pereira AJ. Qualidade da madeira de cinco espécies de ocorrência no cerrado para produção de carvão vegetal. Cerne 2014; 20(1):37-46.

Demirbas A. Biomass resource facilities biomass conversion processing for fuels and chemicals. Energy Conversion Management 2001, 42(11):1357-1378.

Indústria Brasileira de Árvores. IBÁ: Indústria Brasileira de Árvores. Brasília, DF, 2017. 80 p.

MINITAB, Inc. Minitab statistical software™, Release 16.0, Copyright©, 2010.

Oliveira E, Vital BR, Pimenta AS, Della Lucia RM, Ladeira AMM, Carneiro ACO. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. Revista Árvore 2006, 30(2):311-318.

Paes JB, Lima CR, Oliveira E, Medeiros Neto PN. Características físico-química, energética e dimensões das fibras de três espécies florestais do semiárido brasileiro. Floresta e Ambiente 2013, 20(4):550-555.

Paes JB, Lima CR, Oliveira E, Santos HCM. Rendimento e caracterização do carvão vegetal de três Espécies de ocorrência no semiárido brasileiro. Ciência da Madeira 2012, 3(1):01-10.

Protásio TP, Trugilho PF, Neves TA, Vieira CMM. Análise de correlação canônica entre características da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus*. Scientia Forestalis 2012, 40(95):317-326.

Santos RC, Carneiro ACO, Castro AFM, Castro RVO, Bianche JJ, Souza MM. Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. Scientia Forestalis 2011, 39(90):221-230.

Technical Association of Pulp and Paper. Industry lignin in wood. 1998. (TAPPI 12 05-75).

Technical Association of Pulp and Paper. Industry preparation of wood for chemical analysis (Including procedures for removal of extractives and determination of moisture content). 1998. (TAPPI 12 05-75).