



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**  
**CAMPUS DE PATOS – PB**



**LÁZARO LAVOISIER HONORATO DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS, FÍSICAS,  
QUÍMICAS E ENERGÉTICAS DA AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) E  
DA LEUCENA (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit)**

**PATOS – PARAÍBA – BRASIL**

**2014**

**LÁZARO LAVOISIER HONORATO DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS, FÍSICAS,  
QUÍMICAS E ENERGÉTICAS DA AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) E  
DA LEUCENA (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Patos-PB, na Área de Ecologia, Manejo e Utilização dos Recursos Florestais, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elisabeth de Oliveira

**PATOS – PARAÍBA – BRASIL**

**2014**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO CSTR**

S586a Silva, Lázaro Lavoisier Honorato da  
Avaliação das características dendrométricas, físicas, químicas e energéticas da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e da leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit). / Lázaro Lavoisier Honorato da Silva – Patos, 2014.  
44f.: il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural.

“Orientação: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elisabeth de Oliveira”

Referências.

1. Ecologia, manejo e utilização dos recursos florestais. 2. Caatinga. 3. Madeira. 4. Carvão vegetal. 5. Poder calorífico. I. Título.

CDU 574

**LÁZARO LAVOISIER HONORATO DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS, FÍSICAS,  
QUÍMICAS E ENERGÉTICAS DA AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) E  
DA LEUCENA (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Patos-PB, na Área de Ecologia, Manejo e Utilização dos Recursos Florestais, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais.

**Aprovada em: 12/12/2014**

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elisabeth de Oliveira**

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG/CSTR/UAEF)  
(Orientadora)

**Prof. Dr. Leandro Calegari**

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG/CSTR/UAEF)  
(1º Examinador)

**Prof. Dr. Alexandre Santos Pimenta**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN/UECIA)  
(2º Examinador)

Dedico a Deus, em primeiro lugar, por ter me dado o dom da vida e por me fazer acreditar que tudo isso seria possível. Aos meus pais LACY e JACINTA, por toda a ajuda que me deram, a fim de que eu fosse capaz de realizar meu sonho. A minha irmã CONCEIÇÃO e minha sobrinha ANA CLARA, pelas palavras de apoio e dedicação e que, mesmo com dificuldades, estiveram sempre ao meu lado. A minha esposa YARA, pelo amor, compreensão e dedicação nos momentos difíceis, e por jamais me deixar enfrentar sozinho todas as dificuldades e, principalmente, por hoje estar gerando o mais belo presente que um homem pode ganhar em sua vida, nossa filhinha “LAYARA”. Muito obrigado também, minha pequena, que Jesus te abençoe e te guie sempre, papai está ansioso por tua chegada e louco para ver tua carinha. A todos vocês, minha eterna gratidão.

## AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, por sempre estar presente em minha vida e por me proporcionar grandes vitórias. A Ti, agradeço de coração por nunca me deixar sozinho e sempre me dar força para continuar.

Aos meus pais **LACY** e **JACINTA**, que sempre me ajudaram da maneira como puderam, estando sempre ao meu lado nos momentos difíceis e me dando bons conselhos para seguir em frente e jamais desistir.

A minha irmã **CONCEIÇÃO** e minha sobrinha **ANA CLARA**, pelo entusiasmo de sempre! O meu amor por vocês não se mede, e eu seria capaz de qualquer coisa para vê-las sorrindo!

A minha esposa **YARA DAYANE**, que, com sua esperança e determinação, encorajou-me sempre a tentar! E foi tentando que hoje estou aqui! **“BEM”**, agradeço-te pela paciência, pelo companheirismo, pela sinceridade, pelos conselhos, pelo amor e carinho incondicionais, pela admiração, pela disposição em ajudar e pela generosidade que sempre teve comigo! **TE AMO!**

A minha pequena **“LAYARA”**, que está sendo gerada na barriga da mamãe, mas que o papai aqui já ama de uma maneira jamais imaginada. O amor que sinto por você, minha princesa, é incondicional, estou muito ansioso para sua chegada, contando os dias para ver o seu rostinho.

A todos aqueles que colaboraram de forma direta no desenvolvimento desta pesquisa: **JOSÉ ANTÔNIO, MARLLUS, EDJANE**, meu pai **LACY, SD TIAGO, ELIDOMAR JUNIOR, ARTHUR, JOSENILSON, FERNANDA, IARA** e **ALEX**, bem como aos demais que eu tenha esquecido.

A todos os meus familiares e amigos, por acreditarem em mim!

A amiga e professora Dr.<sup>a</sup> **ELISABETH DE OLIVEIRA**, pela excelente orientação, pela disponibilidade, pela dedicação, pelas conversas e conselhos que tivemos durante todo esse tempo. Sem sua atenção e paciência, dificilmente este trabalho sairia da mente. Espero que Deus possa retribuir tudo que tem feito por mim. Expresso aqui o meu muito obrigado.

A todos vocês dedico um grande sonho que hoje realizo em minha vida!

## SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT .....	7
1 INTRODUÇÃO GERAL .....	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	11
2.1 Utilização da vegetação .....	11
2.2 Caracterização da espécie .....	11
2.2.1 Aroeira ( <i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão).....	11
2.2.2 Leucena ( <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) R. de Wit) .....	13
2.3 Parâmetros de qualidade da madeira .....	14
2.3.1 Arranjo anatômico e químico da madeira .....	14
2.3.2 Densidade da madeira .....	17
2.4 Carbonização da madeira .....	18
2.5 Propriedades de qualidade do carvão vegetal.....	19
REFERÊNCIAS .....	20
CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS, FÍSICAS E QUÍMICAS DA AROEIRA ( <i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão) E DA LEUCENA ( <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) R. de Wit) .....	1
1. INTRODUÇÃO .....	2
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	4
2.1. Localização e coleta do material biológico .....	4
2.2. Amostragem da madeira.....	4
2.3. Análise físico-química da madeira .....	5
2.4. Delineamento experimental .....	7
3. RESULTADOS .....	7
4. DISCUSSÃO .....	8
5. CONCLUSÃO.....	9
6. AGRADECIMENTO .....	10
TABELAS .....	10
FIGURAS .....	11
7. REFERÊNCIAS .....	12
CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DA AROEIRA ( <i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão) E DA LEUCENA ( <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) R. de Wit).....	1

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>2</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>2</b>
<b>Coleta e preparação do material .....</b>	<b>2</b>
<b>Carbonização da madeira .....</b>	<b>3</b>
<b>Análise do carvão.....</b>	<b>3</b>
<b>Delineamento experimental .....</b>	<b>4</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>6</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>6</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>7</b>
<b>APÊNDICES</b>	
<b>ANEXOS</b>	



SILVA, Lázaro Lavoisier Honorato. **AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS, FÍSICAS, QUÍMICAS E ENERGÉTICAS DA AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) E DA LEUCENA (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit).** 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). CSTR/UFCEG, Patos-PB, 2014. 44 p.:il.

## RESUMO

A vegetação presente na Caatinga apresenta importância ecológica, cultural e econômica para a população inserida neste bioma. Este trabalho tem o objetivo de avaliar as características dendrométricas, físicas, químicas e energéticas da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e da leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit). Foi realizada a supressão de cinco exemplares da *Myracrodruon urundeuva* e *Leucaena leucocephala*, seguindo-se critérios de qualidade fenológica e de sanidade, em que foram feitas avaliações dendrométricas, físicas e químicas da madeira, rendimentos após carbonização, análises físicas e química imediata do carvão vegetal. O experimento foi arranjado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), e os valores foram submetidos à análise de variância pelo teste “F” ao nível de 5% de probabilidade. As espécies apresentaram parâmetros dendrométricos com valores médios de DAP 10,00 e 14,08 cm; altura total 8,20 e 12,93 m; altura comercial 4,90 e 10,07 m; volume com casca 0,032 e 0,104 m<sup>3</sup>; volume sem casca 0,025 e 0,095 m<sup>3</sup> para a *Myracrodruon urundeuva* e a *Leucaena leucocephala* respectivamente. A *Myracrodruon urundeuva* apresentou maior densidade básica (740,99 kg/m<sup>3</sup>) em relação à *Leucaena leucocephala* (601,96 kg/m<sup>3</sup>). O teor de cinzas encontrado na *Myracrodruon urundeuva* (1,08%) foi superior ao da *Leucaena leucocephala* (0,66%). Já os teores de extrativos totais (12,75 e 10,80%) e holocelulose (59,04 e 59,23%) para a *Myracrodruon urundeuva* e a *Leucaena leucocephala* foram semelhantes. A *Leucaena leucocephala* obteve maior teor de lignina total (29,31%) e o poder calorífico da madeira (4.996,790 kcal/kg). A *Myracrodruon urundeuva* e a *Leucaena leucocephala* apresentaram rendimento semelhante, com 41,22% e 40,59% de carvão, 22,07% e 26,45% de líquido condensado e 36,71% e 33,16% de gases não condensáveis. A densidade aparente da *Myracrodruon urundeuva* (0,59 g/cm<sup>3</sup>) foi maior que a da *Leucaena leucocephala* (0,39 g/cm<sup>3</sup>), porém as espécies mostraram-se semelhantes para a densidade verdadeira, com 1,21 g/cm<sup>3</sup> e 1,11 g/cm<sup>3</sup> respectivamente. Da mesma forma, o poder calorífico superior não apresentou diferença entre as espécies, *Myracrodruon urundeuva* (6.869,338 kcal/kg) e *Leucaena leucocephala* (6977,220 kcal/kg). A quantidade de materiais voláteis liberados e de cinzas produzidas foi superior na *Myracrodruon urundeuva* com 33,87% e 3,79%. Já o rendimento em carbono fixo foi maior na *Leucaena leucocephala* (67,15%). Portanto, a madeira das duas espécies apresentaram boas características físicas, químicas e energéticas, podendo-se assim, recomendar a madeira da *Leucaena leucocephala* para uso com fins energéticos, já que esta é uma espécie exótica, sem restrições de exploração e com excelente adaptabilidade às condições semiáridas. As espécies estudadas apresentaram características energéticas semelhantes, assim a *Leucaena leucocephala* pode ser utilizada para produção e utilização do carvão vegetal com a mesma eficiência das espécies nativas já conhecidas e usadas para os mesmos fins.

**Palavras-chave:** Caatinga. Madeira. Carvão vegetal. Poder calorífico.

SILVA, Lázaro Lavoisier Honorato. **EVALUATION OF DENDROMETRIC, PHYSICAL, CHEMICAL AND ENERGY FEATURES OF AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) AND OF LEUCAENA (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit).** 2014. Dissertation (Master's degree in Forest Sciences). CSTR/UFPG, Patos-PB, 2014. 44 pg.

### ABSTRACT

The Caatinga vegetation has important ecological, cultural and economic importance for the population which lives in this biome. This work aims to evaluate the dendrometric, physical, chemical and energy characteristics of aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) and leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit). Suppression of five specimens of *Myracrodruon urundeuva* and *Leucaena leucocephala* following criteria phenological quality and health was conducted. The evaluated parameters were dendrometric DAP, total and commercial height, volume with bark and without bark. Average basic wood density was also assessed. Quantitative determinations of total extractives, lignin and holocellulose ash were made, in addition to the calorific value of wood. Carbonization was performed in duplicate using dry wood. Productivity of charcoal, pirolenhoso liquid and non-condensable gases were measured. Chemical analysis, determination of true density and bulk density was also performed. The experiment was arranged in a completely randomized design (DIC) and the means were compared by Tukey test at 5% probability. The species presented dendrometric parameters with average values of 10.00 and 14.08 cm for DAP; overall height 8.20 and 12.93 m; commercial height 4.90 and 10.07 m; volume with bark 0.032 and 0.104 m<sup>3</sup>; volume with bark 0.025 and 0.095 m<sup>3</sup> for *Myracrodruon urundeuva* and *Leucaena leucocephala* respectively. The *Myracrodruon urundeuva* showed higher basic density (740.99 kg / m<sup>3</sup>) compared with *Leucaena leucocephala* (601.96 kg / m<sup>3</sup>). The ash content found on *Myracrodruon urundeuva* (1.08%) was higher than that of *Leucaena leucocephala* (0.66%). The extractives content (12.75 and 10.80%) and holocellulose (59.04 and 59.23%) for *Myracrodruon urundeuva* and *Leucaena leucocephala* were similar. The *Leucaena leucocephala* got higher total lignin content (29.31%) and the heating value of wood (4996.790 kcal / kg). The *Myracrodruon urundeuva* and *Leucaena leucocephala* showed similar performance, with 41.22% and 40.59% carbon, 22.07% and 26.45% and 36.71% condensate and 33.16% of non-condensable gases. The apparent density of *Myracrodruon urundeuva* (0.59 g / cm<sup>3</sup>) was higher than that of *Leucaena leucocephala* (0.39 g / cm<sup>3</sup>), but the species showed similar values for true density (1.21 g / cm<sup>3</sup> and 1.11 g / cm<sup>3</sup> respectively). Similarly, the gross calorific value did not differ between species, *Myracrodruon urundeuva* (6869.338 kcal / kg) and *Leucaena leucocephala* (6977.220 kcal / kg). The amount of released volatiles and ash produced was higher in *Myracrodruon urundeuva* with 33.87% and 3.79%. And the income fixed carbon was higher in *Leucaena leucocephala* (67.15%). Therefore, the wood of the two species showed good physical, chemical and energy characteristics, and we can therefore recommend the wood of *Leucaena leucocephala* for use for energy purposes, as this is an exotic species without operational restrictions and with excellent adaptability to semi-arid conditions. The species showed similar energy characteristics, and *Leucaena leucocephala* can be used for production and use of charcoal with the same efficiency of native species already known and used for the same purposes.

**Keywords:** Caatinga. Wood. Charcoal. Calorific value.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, característico de regiões semiáridas, com um ecossistema riquíssimo em espécies animais e vegetais, que se adaptam perfeitamente às condições climáticas a partir de mecanismos desenvolvidos para suportar o sol causticante, os longos períodos de estiagem e até mesmos possíveis enchentes (PEREIRA; PEREIRA, 2012). A degradação deste bioma vem ocorrendo desde gerações anteriores até atualmente, devido ao processo exploratório devastador dos seus produtos madeireiros e não madeireiros.

A exploração de madeira na Caatinga para ser queimada (lenha e carvão) vem provocando grande redução na sua vegetação. Agregado a isto, problemas são gerados para fauna, flora e solo, pois, com a retirada da vegetação, o bioma fica sujeito a desequilíbrios ecológicos, ou seja, ocorrerá migração da fauna silvestre para centros urbanos, degradação dos solos e muitos outros problemas.

A vegetação presente na Caatinga apresenta importância ecológica, cultural e econômica para a população inserida neste bioma. Assim, as pessoas que vivem em suas proximidades utilizam os recursos oferecidos por este bioma para sobreviverem, manterem costumes e gerarem rendas para as famílias. Dentre os recursos oferecidos pela vegetação, temos alguns de caráter madeireiro, a exemplo da lenha, do carvão e da estaca, e produtos de caráter não madeireiro, como folhas e cascas para remédios fitoterápicos, fibras utilizadas na confecção de artesanatos, entre outros.

Várias espécies nativas já foram estudadas, sendo conhecidas pela população nordestina por apresentarem importância econômica e boa qualidade para fins energéticos, com elevado poder calorífico. Dentre elas, podem ser citadas a jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Mart.) Benth.), catingueira (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz), angico (*Anadenanthera colubrina* Vell.), mororó (*Bauhinia forficata* Link.) e pereiro (*Aspidosperma pyriforme* Mart.).

A utilização de espécies arbóreas exóticas vem ganhando destaque no cenário nacional frente ao setor de produção de energia. Estas espécies ganharam destaque por apresentarem rápido crescimento e, com isso, fornecerão ao setor energético matéria prima em menor espaço de tempo. As mesmas ainda apresentam boa adaptabilidade às condições climáticas e características desejáveis pelo setor supracitado, além da vantagem de reduzir a supressão sobre as matas nativas. Assim, o emprego de espécies exóticas que apresentam características de uso semelhante às plantas lenhosas da Caatinga surge como alternativa para reduzir a

pressão no bioma. Alguns exemplos bastantes conhecidos mostraram potencial energético bem satisfatório, como a algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.) e o eucalipto (*Eucalyptus* spp.). Existem ainda outras espécies exóticas inseridas na Caatinga, a exemplo da leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit), que também merece atenção no que tange às suas propriedades energéticas, já que a mesma apresenta crescimento rápido proporcionando grande quantidade de madeira em pouco tempo.

Na Caatinga, os produtos madeireiros são utilizados em larga escala para diversas finalidades, entre elas, a produção de energia como fonte de calor, para satisfazer as necessidades nos domicílios (cozinhar). Na indústria, os produtos e derivados da madeira são também bastante usados como fonte de energia, a exemplo das cerâmicas, fábricas de doce, indústria de cimento e cal. Porém, a exploração desordenada da vegetação, sem plano de manejo, pode acarretar o esgotamento desta matéria prima. Com isso, a madeira ganha valores de importância ambiental, social e econômica.

No aspecto social, muitas famílias dependem da madeira nativa para consumo próprio; porém, apesar de ser um recurso renovável, a vegetação pode acabar se esgotando, devido às diversas e incorretas formas de exploração. Estes problemas justificam o uso de espécies adaptadas ao clima semiárido e que conseguem produzir bem nestas condições.

Após o impacto da crise do petróleo, o Brasil descobriu na biomassa a solução para o problema energético, pois no país havia grande disponibilidade de terra e condições climáticas favoráveis a sua produção. Assim, o carvão vegetal aparece como destaque, por tratar-se de um insumo energético amplamente utilizado pela siderurgia brasileira (OLIVEIRA et al., 1982).

Muita madeira é usada como fonte de energia sem que haja o mínimo de informação que possa quantificar e qualificar o produto final (carvão). A partir da quantificação e qualificação do carvão, pode-se então indicá-lo para determinado uso, agregando-se, assim, um valor comercial ao produto para destiná-lo à venda e gerar renda ao produtor.

As propriedades físicas e químicas da madeira (densidade; teor de celulose e hemicelulose; e teor de lignina) são os fatores que irão determinar a qualidade do produto final da carbonização. Por sua vez, a qualidade do carvão vegetal será aferida através da quantificação de seu rendimento, poder calorífico, densidade específica, etc. Assim, o produto gerado da carbonização da madeira deve apresentar boas características e, com isso, render mais utilizando-se menos insumo, que possivelmente sejam oriundos de florestas nativas.

O conhecimento do potencial energético da madeira vem a ser um estudo de grande relevância, porque, a partir deste conhecimento, pode-se determinar um aproveitamento

melhor da madeira extraída das florestas, seja ela nativa, seja ela plantada, de forma a atenuar os impactos ambientais.

As pesquisas com espécies nativas para fins energéticos geram bastantes polêmicas, que dividem opiniões entre críticos ambientalistas e alguns pesquisadores. Para os primeiros, o estudo torna-se sem fundamentação a partir do ponto de que se deve preservar a mata nativa, já que algumas espécies estão se esgotando. A segunda opinião tem como base a formação de bancos de dados e o conhecimento das propriedades que são conferidas a cada uma das espécies e, assim, poder compará-las com as espécies exóticas e até mesmo outras nativas, sem causar prejuízos à vegetação local.

A constituição de bancos de dados sobre o potencial energético das espécies nativas e as que habitam o semiárido nordestino também ganha importância acadêmica e industrial no que tange às pesquisas desenvolvidas a fim de conhecer suas propriedades energéticas, para, assim, terem uma melhor empregabilidade em cada setor específico.

Portanto, este trabalho tem o objetivo de avaliar as características dendrométricas, físicas, químicas e energéticas da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e da leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit). Mensurar os parâmetros dendrométricos de uma amostra de cada espécie a partir de suas características de crescimento: DAP, altura e volume. Determinar a densidade básica da madeira, quantificando os extrativos totais, teores de lignina e teores de cinza e avaliando o produto da carbonização através do rendimento gravimétrico, análise do carvão, análise química imediata, densidade do carvão, poder calorífico e rendimento em líquido condensado.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Utilização da vegetação**

Para o desenvolvimento responsável de uma região ou até mesmo de um país, é fundamental que as questões ambientais, principalmente no que tange à sustentabilidade para uso dos recursos florestais, sejam um assunto a ser discutido (GARIGLIO et al., 2010). O único bioma exclusivamente brasileiro, a Caatinga, vem dando sua parcela de colaboração no desenvolvimento desta região, como fonte energética para as indústrias e uso doméstico, na alimentação animal na forma de forragem para os rebanhos, ou ainda com outros produtos florestais madeireiros e não madeireiros (BRASIL, 2008).

As matas da Caatinga sempre foram consideradas pela população como pouco diversificadas, quase sem utilidade e até mesmo como um obstáculo para o desenvolvimento da região, porém estas matas são de importância imensurável para o homem sertanejo (GARIGLIO et al., 2010). São classificadas como floresta arbóreo-arbustiva, com adaptação ao clima semiárido, ocorrendo também a presença de cactos, bromélias e estrato herbáceo durante a estação chuvosa (BRASIL, 2008).

O sertão nordestino é a região semiárida que concentra a maior densidade demográfica do mundo, provocando, assim, uma forte pressão antrópica sobre as florestas. Devido à forma de exploração não sustentável na Caatinga, os processos de degradação no bioma evoluem rapidamente (BRASIL, 2008; GARIGLIO et al., 2010).

Os produtos oriundos da Caatinga representam bem a atividade do homem no semiárido nordestino, com o fornecimento de produtos madeireiros como a lenha, o carvão, a estaca, material para construção, entre outros. Os produtos não madeireiros também respondem com uma importância financeira para a população e região, na produção de mel, frutos, plantas medicinais, fibras, cosméticos, etc. (BRASIL, 2008).

### **2.2 Caracterização da espécie**

#### **2.2.1 Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão)**

A hierarquia taxonômica da *M. urundeuva* é descrita de acordo com o Sistema de Classificação de Cronquist, em que esta espécie pertence à divisão Magnoliophyta (Angiosperma), classe Magnoliopsida (Dicotiledônias), ordem Sapindales e família

Anacardiaceae (CARVALHO, 2003). A *M. urundeuva* é conhecida de diversas formas, dependendo da região onde a mesma encontra-se presente. Por exemplo, em Minas Gerais, é conhecida como aderno ou almecega. Mas, no âmbito nacional, é popularmente chamada de arandeúva, arindeúva ou aroeira. O nome aroeira é originário da abreviatura de *araroeira*, ou seja, arara e do sufixo *eira*, que significa árvore da arara, sendo assim denominada por ser a planta preferencial para pouso destas aves (CARVALHO, 2003; MAIA, 2004).

A ocorrência da aroeira possui ampla distribuição geográfica, com presença nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Sergipe, São Paulo, Tocantins e Distrito Federal (CARVALHO, 2003; MAIA, 2004).

A aroeira é uma árvore caducifólia, com sua copa larga, possuindo um fuste reto e alto, podendo atingir 20 m de altura e 60 cm de DAP em condições de Caatinga e Cerrado, e altura entre 27 e 30 m e DAP de 85 cm em florestas pluviais.

Seu crescimento é considerado de lento a moderado, com um incremento médio anual em volume sólido variando de 3,40-5,60 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>·ano<sup>-1</sup>, dependendo da região onde se encontra inserida. Estima-se uma rotação de 8 a 10 anos para destinar a madeira para mourão e de 15 a 20 anos para destinar a madeira para dormentes (CARVALHO, 2003; MAIA, 2004).

A madeira da aroeira é considerada muito pesada, com densidade aparente variando entre 1,00 e 1,21 g·cm<sup>-3</sup> a 15% de umidade. Apresenta difícil trabalhabilidade por ser uma madeira muito dura, sendo considerada a madeira mais resistente do Brasil. A alta resistência da madeira ao apodrecimento e ao ataque de cupins de madeira seca é devido à elevada concentração de tanino (CARVALHO, 2003; MAIA, 2004).

A aroeira apresenta várias opções quanto a sua utilização. A madeira, por sofrer pouco com a deterioração, apresenta boa aplicabilidade em obras externas, ou seja, tem boa qualidade para ser utilizada como postes, mourões, estacas, dormentes, vigas, na construção civil, entre outras. É também bem empregada na carpintaria para confecção de móveis e peças torneadas.

Na medicina caseira, as cascas, folhas e raízes são bastante utilizadas para prevenir e curar diferentes enfermidades. Pode ser também utilizada como planta ornamental, na restauração de florestas, em sistemas agroflorestais, na apicultura e meliponicultura, alimentação animal e na indústria de curtumes (MAIA, 2004).

No setor energético, a lenha e carvão da aroeira são de boa qualidade, seu poder calorífico é em torno de 4.582 kcal·kg<sup>-1</sup>. No estado cearense, a madeira de aroeira é utilizada em fornos (caieiras) e, segundo os oleiros, a lenha é boa porque a queima dos tijolos acontece

devagar, além de apresentar alto poder calorífico. Com isso, o produto que está sendo queimado não racha e nem quebra durante o processo de queima (CARVALHO, 2003).

### **2.2.2 Leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit)**

A leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit) é uma espécie arbóreo-arbustiva, pertencente à família Mimosaceae (Leguminosae – Mimosoideae), nativa das Américas, de ocorrência natural, que vai do Texas (EUA) ao Equador, com maior concentração no México e América Central (DRUMOND; RIBASKI, 2010). Segundo Franco e Souto (1986), a leucena é uma leguminosa com ampla diversidade de uso, por isso tem sido usada como opção de plantio em regiões tropicais.

São plantas que apresentam bom desenvolvimento em regiões com variação de precipitação entre 600 e 1700 mm de chuva por ano, mas são encontradas em regiões mais secas, com precipitação média anual de 250 mm, resistindo a períodos de estiagem superiores a oito meses. Na região semiárida, plantios com seis anos de idade têm mostrado um desenvolvimento considerável, quando a finalidade de uso da madeira é para lenha e carvão. Os indivíduos são mensurados com uma altura média de 10,4 m e DAP de 9,3 cm em plantios com espaçamento 2x2 m, ou seja, numa densidade de plantio de 2.500 árvores·ha<sup>-1</sup>·ano<sup>-1</sup> (DRUMOND; RIBASKI, 2010).

Algumas variedades arbustivas da leucena, em especial o tipo Peru, são usadas na produção de forragem e adubação verde. São excelentes fixadores de nitrogênio no solo, através da formação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium* em nódulos produzidos nas raízes, podendo chegar a um potencial de fixação na ordem de 598 kg de N·ha<sup>-1</sup>·ano<sup>-1</sup> (FRANCO; SOUTO, 1986).

Outros usos da leucena são citados, como enriquecimento e melhoramento de solos, recuperadora de áreas degradadas, sombra para cultivos, controle de erosão, produção de energia (lenha e carvão), sistemas agrícolas e indústrias de celulose e aglomerados (DRUMOND; RIBASKI, 2010).

Como forragem, a leucena possui algumas restrições, devido à presença de uma toxina chamada de mimosina. Esta toxina provoca a queda de pelos dos animais. Os problemas gerados pela toxina só serão representativos, quando a leucena for utilizada acima de 50% da alimentação e de forma contínua (FRANCO; SOUTO, 1986). Porém, a quantidade de proteína fornecida pelas folhas gira em torno de 20%, podendo chegar a 35% em folhagem e frutos tenros (DRUMOND; RIBASKI, 2010).



Outras variedades de leucena, a exemplo do tipo Salvador, de porte arbóreo, apresentam fuste retilíneo, sendo adequadas para a produção de lenha, carvão, celulose e madeira (FRANCO; SOUTO, 1986). As variedades de leucena empregadas no Brasil apresentam densidade básica da madeira de 0,55-0,70 g·cm<sup>-3</sup>, com poder calorífico variando entre 4200 e 4600 kcal·kg<sup>-1</sup>, rendimento de carvão de 34,7% sobre o peso básico, 81% de carbono fixo e 1,5% de conteúdo de cinzas (DRUMOND; RIBASKI, 2010).

O comportamento silvicultural da leucena no semiárido nordestino é apontado com destaque, quando comparada com outras espécies cultivadas ou até mesmo nativas. A comparação é feita acerca da densidade de sua madeira, seu rendimento gravimétrico de carbonização, teores de carbono fixo e cinzas apresentadas pelas espécies (DRUMOND; RIBASKI, 2010).

### **2.3 Parâmetros de qualidade da madeira**

Para compreender os parâmetros que qualificam a madeira num programa de seleção, é necessário identificar a importância do parâmetro, estimar a sua variabilidade e estimar as possíveis correlações com outros parâmetros da madeira e do produto final (FERREIRA, 1994).

O rendimento gravimétrico e o rendimento em carbono fixo do carvão vegetal para determinado volume de madeira será mais alto quanto maior for a densidade da madeira, sendo também diretamente proporcional aos teores de lignina e extrativos, porém inversamente proporcional ao teor de holocelulose (CARVÃO VEGETAL, 2003; OLIVEIRA et al., 2010). Já Brito e Barrichelo (1977), estudando diferentes espécies de *Eucalyptus*, observaram que a densidade básica da madeira não apresentou correlação alguma com o rendimento gravimétrico, carbono fixo, voláteis e cinzas, mas relataram que a correlação positiva é esperada.

Burger e Richter (1991) ressaltam a importância de tomar cuidado quando a madeira for destinada para uso doméstico, como material fonte de calor, pois algumas espécies podem liberar substâncias voláteis que irão impregnar-se nos alimentos, deixando-os com cheiro/sabor indesejados. Em contrapartida, o processo de defumação de alguns produtos alimentícios é realizado a partir dos voláteis liberados pela madeira.

#### **2.3.1 Arranjo anatômico e químico da madeira**

A densidade, a permeabilidade, a resistência, entre outras propriedades, são conferidas à madeira devido à grande variabilidade estrutural e química que esta possui, ou seja, material bastante heterogêneo e anisotrópico. A organização dos componentes físicos e químicos define a estrutura da madeira como uma engenhosa organização arquitetônica (KLOCK et al., 2005).

As células da madeira apresentam sentido e arranjo diferentes em cada plano de crescimento (transversal, tangencial e radial), com a finalidade de caracterizar anatomicamente a madeira. As principais funções dos vários tipos de células da madeira podem ser vistas no Quadro 1.

**Quadro 1** – Principais funções dos vários tipos de células da madeira

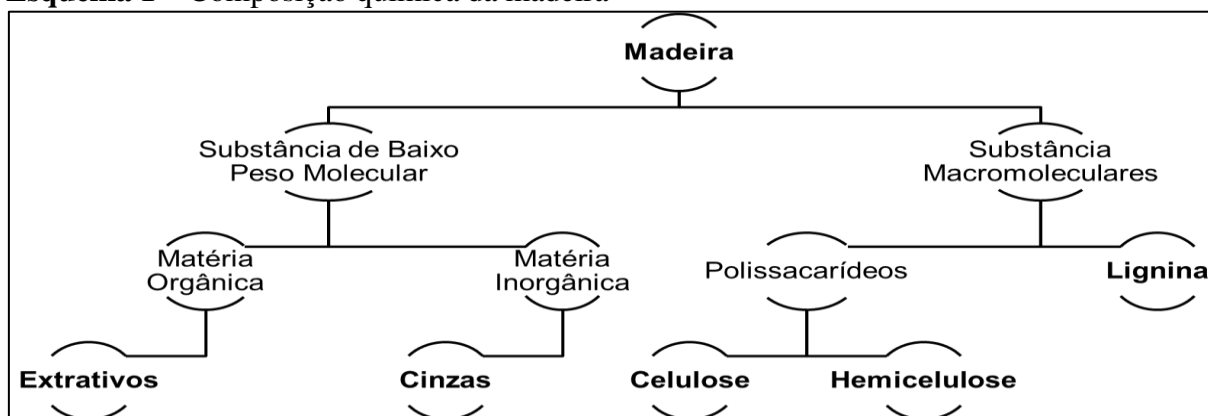
		MADEIRA	
		Coníferas	Folhosas
FUNÇÃO	Mecânica	Traqueoide do lenho tardio	Fibras libriformes Fibro-traqueoides
	Condução	Traqueoides de lenho inicial Traqueoides radiais	Elementos de vasos Traqueoide vasculares
	Armazenamento	Parênquima radial e longitudinal	Parênquima radial e longitudinal
	Secreção	Células epiteliais (canais resiníferos)	Células epiteliais (canais gomíferos)

Fonte – Klock et al. (2005), adaptado por Silva (2014)

A qualidade da madeira é determinada por sua constituição química e estrutural e, conseqüentemente, influenciará na escolha da madeira para determinados fins (SILVA, 2010). No caso de produção de carvão vegetal, a qualidade é determinada pela composição química do carvão (carbono fixo, cinzas e materiais voláteis), além das propriedades físicas que são influenciadas pelas características de qualidade da madeira (OLIVEIRA et al., 2010).

A constituição química da madeira apresenta diferenças significativas, quando consideradas as diferentes espécies, tendo como elementos essenciais o Carbono (49 – 50%), Oxigênio (44 – 45%), Hidrogênio (6%) e Nitrogênio (0,1 – 1%), além do Cálcio, Potássio e Magnésio, que se encontram em menores quantidades (KLOCK et al., 2005).

A seguir, o Esquema 1 exibe uma curta introdução a respeito da composição química da madeira.

**Esquema 1** – Composição química da madeira

Fonte – Klock et al. (2005), adaptado por Silva (2014)

Na madeira, as substâncias de baixo peso molecular dividem-se em dois grupos, o material orgânico e o material inorgânico. Estas substâncias estão localizadas no lúmen das células e nos espaços vazios existentes entre as estruturas da madeira, podendo ser extraídas com o emprego de solventes de polaridade apropriada (SILVA, 2010). São também chamadas de materiais acidentais ou estranhos da madeira, segundo Klock et al. (2005), e são responsáveis por conferirem a madeira propriedades como cor, gosto e cheiro, contribuindo com uma pequena fração na massa da madeira e influenciando nas propriedades e qualidade de processamento da madeira.

O material orgânico ou extrativo é formado por vários compostos químicos que ficam acumulados nas células de parênquima, nos canais secretores e em concentrações muito pequenas na lamela média, nos espaços intercelulares e na parede das células (SILVA, 2010; KLOCK et al., 2005). Os extrativos podem ser isolados em solventes neutros e/ou através das combinações destes em sucessão, conforme Klock et al. (2005).

A parte mineral ou inorgânica é obtida na forma de cinzas a partir da cremação do material vegetal a uma temperatura aproximada de 600 – 850 °C. As substâncias predominantes nas cinzas da madeira de clima temperado são: o potássio, o cálcio e o magnésio. Nas espécies de clima tropical, ocorre a presença de outros elementos, a exemplo do silício (SILVA, 2010; KLOCK et al., 2005). O carvão deve apresentar alta densidade e resistência, bem como baixas taxas de voláteis e cinzas (CARVÃO VEGETAL, 2008). Brito e Barrichelo (1977), estudando a madeira de diferentes *Eucalyptus*, observaram que os teores de cinzas apresentaram correlação inversamente proporcional ao rendimento do carvão.

Dentre as substâncias macromoleculares, a celulose configura-se como o principal elemento que constitui a parede celular dos vegetais, sendo o composto orgânico em maior abundância na natureza. Trata-se de “um polímero linear de massa molecular elevada,

constituído por unidades de  $\beta$ -D-glucose ligadas entre si através de uma ligação glicosídica entre os carbonos 1 e 4'' (SILVA, 2010). Na madeira, tanto em coníferas como em folhosas, a celulose totaliza aproximadamente a metade de sua constituição,  $42 \pm 2\%$  e  $45 \pm 2\%$ , respectivamente (KLOCK et al., 2005).

A parede celular é constituída por outro polissacarídeo que está estreitamente associado à celulose, ou seja, a hemicelulose. Esta é constituída por cinco açúcares neutros, três hexoses (glucose, manose e galactose) e duas pentoses (xilose e arabinose) podendo, às vezes, algumas delas incluírem ácidos urónicos,  $\alpha$ -L-ramnose e  $\alpha$ -L-fucose, em pequena quantidade. De modo geral, as folhosas apresentam-se com maiores teores de hemiceluloses que as coníferas ( $30 \pm 5\%$  e  $27 \pm 2\%$ , respectivamente), além de possuírem composição diferenciada (SILVA, 2010; KLOCK et al., 2005).

Depois da celulose, a lignina corresponde à substância macromolecular em maior abundância nas células vegetais, com  $28 \pm 2\%$  nas coníferas e  $20 \pm 4\%$  nas folhosas (SILVA, 2010; KLOCK et al., 2005). Sua formação se dá a partir da oxidação e subseqüentes reações de polimerização de três monómeros fenilpropanos, o p-álcool cumarílico, álcool coniferílico e o álcool sinapílico (SILVA, 2010). As madeiras com altos teores de lignina refletiram em um carvão com melhores propriedades químicas, maiores teores de carbono fixo e menores teores em substâncias voláteis e cinzas (OLIVEIRA et al., 2010).

### 2.3.2 Densidade da madeira

A densidade da madeira resulta do ajuste de fatores, como dimensões das fibras, espessura da parede, volume dos vasos e parênquimas, proporção entre lenho inicial e lenho tardio e disposição dos elementos anatômicos, tornando-se uma característica complexa e importante para as propriedades físicas e mecânicas da madeira. Pode variar entre diferentes espécies, na mesma espécie ou mesmo em diferentes regiões da mesma árvore (FOELKEL; BRASIL; BARRICHELO, 1971).

A grandeza que expressa a densidade básica da madeira é dada pela relação entre a massa da madeira absolutamente seca e seu volume quando esta encontra-se completamente saturada.

$$\rho = \frac{m_{\text{seca}}}{V_{\text{saturada}}}, \text{ sendo expressa em } \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}; \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

A madeira pode ser classificada e qualificada a partir do conhecimento de sua densidade. As madeiras pesadas apresentam dificuldade em sua trabalhabilidade, porém lhes é convertida maior resistência mecânica e dureza quando comparadas com as madeiras leves (LAFETÁ; PENIDO, 2013). A qualidade do carvão vegetal produzido é influenciada diretamente pela densidade da madeira (BRITO; BARRICHELO, 1980).

## 2.4 Carbonização da madeira

A carbonização da madeira ocorrerá quando uma parte desta for colocada sob a ação do calor, havendo uma destruição gradativa e diferente dos seus elementos e a formação de diversos compostos. A alteração que ocorre entre o estado inicial (madeira) e o estado final (carvão) é relativamente complexa, sendo motivo de várias pesquisas (OLIVEIRA et al., 1982).

Oliveira et al. (1982) relatam que é importante conhecer bem as etapas e os fenômenos que ocorrem com a madeira durante a carbonização. Almeida e Rezende (1982) descrevem as quatro fases que ocorrem no processo de carbonização:

- i. Secagem: consiste na evaporação da água contida na madeira sob as formas:
  - Higroscópica, no interior das fibras: até 110 °C;
  - Absorvida pela madeira nas células: de 110-150 °C;
  - Quimicamente ligada: de 150-200 °C.
- ii. Pré-carbonização: fase endotérmica do processo na qual uma fração de licor pirolenhoso e pequenas quantidades de GNC (gás não condensável) são produzidas: de 180-200 °C até 250-300 °C.
- iii. Carbonização: período caracterizado por uma reação exotérmica e violenta. A maior parte do alcatrão e ácido pirolenhoso são produzidos durante esta fase: de 250-300 °C.
- iv. Fase final: segue a fase anterior, com um aumento de temperatura (acima de 300 °C), período caracterizado por um aumento no teor de carbono no carvão e, conseqüentemente, um decréscimo no teor de materiais voláteis. Nesta fase, produz-se bastante alcatrão. Quanto maior a temperatura nesta fase, maior será o teor de carbono fixo.

De acordo com Almeida e Rezende (1982), do processo de carbonização serão originados alguns produtos e subprodutos, sendo estes de natureza sólida (carvão), de natureza líquida (licor pirolenhoso) e de natureza gasosa (gás condensável). A quantidade e qualidade de cada um destes produtos irão variar de acordo com a velocidade de aquecimento do processo e as condições do ambiente em que se dá a carbonização (teor de oxigênio livre,

pressão e temperatura). O rendimento gravimétrico e as propriedades do carvão vegetal podem ser afetados pela velocidade e temperatura da carbonização, por isso é importante analisar as diferentes marchas de carbonização para demonstrar o comportamento da madeira (OLIVEIRA et al., 2010).

## **2.5 Propriedades de qualidade do carvão vegetal**

As propriedades que qualificam o carvão vegetal são de caráter físico e químico, sendo que estas variam de acordo com a espécie avaliada. A densidade do carvão, a friabilidade (resistência à abrasão e queda) e o poder calorífico representam as propriedades de caráter físico. O carbono fixo, o teor de cinzas, os materiais voláteis e a umidade fazem parte da composição química do carvão (OLIVEIRA et al., 2010).

Segundo Mendes, Gomes e Oliveira (1982), a densidade do carvão vegetal deve ser a maior possível, sendo uma qualidade bastante importante, pois, a partir dela e outras propriedades do carvão, é presumível determinar o volume de carvão a ser utilizado nos aparelhos de redução e gaseificação. Os mesmos ainda relatam que a temperatura de carbonização, a densidade da madeira e a velocidade de carbonização são os parâmetros que mais influenciam na densidade do carvão (MENDES; GOMES; OLIVEIRA, 1982).

A friabilidade ou resistência à abrasão refere-se ao processo de deterioração do carvão devido à abrasão ou queda, gerando grande quantidade de finos durante sua produção manuseio e utilização. Os fatores que influenciam na friabilidade do carvão vegetal são: umidade da madeira, temperatura de carbonização, diâmetro e comprimento da madeira e taxa de aquecimento (MENDES; GOMES; OLIVEIRA, 1982).

O poder calorífico de um combustível pode ser definido como “o número de calorias liberadas na combustão completa de uma unidade de massa do combustível, sendo expresso em kcal/kg para combustíveis sólidos e líquidos e em kcal/m<sup>3</sup> para combustíveis gasosos”. Considera-se um atributo de grande relevância, sobretudo quando se pensa na substituição dos combustíveis fósseis por carvão vegetal como fonte de energia (MENDES; GOMES; OLIVEIRA, 1982, p. 85).

A determinação da composição química do carvão vegetal pode ser realizada através de dois diferentes métodos: a análise química elementar e a análise química imediata. Este último determina os teores de materiais voláteis, carbono fixo, cinzas e umidade (MENDES; GOMES; OLIVEIRA, 1982).

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. R.; REZENDE, A. E. A. O processo de carbonização contínua da madeira. In: PENEDO, W. R. (ed) **Produção e utilização de carvão vegetal**. Belo Horizonte-MG, CETEC. p. 143-156. 1982
- BOTREL, M. C. G.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; SILVA, J. R. M. Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n. 3, p. 391-398, 2007.
- BRASIL. Manejo sustentável dos recursos florestais da Caatinga. **Ministério do Meio Ambiente/ Secretaria de Biodiversidade e Florestas/Departamento de Florestas/ Programa Nacional de Florestas. Unidade de Apoio do PNF no Nordeste**. Natal-RN, 2008. 28p.
- BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: 2. Densidade da madeira x densidade do carvão. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**. Piracicaba-SP, n. 20, p. 101-113, 1980.
- 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-SP, n. 14, p. 9-20, 1977.
- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. 1039p.
- CARVÃO VEGETAL: Aspectos Técnicos, Sociais, Ambientais e Econômicos. NOTA TÉCNICA X. **Centro nacional de referência em biomassa**. 2008. Disponível em: <[http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/notatecnica\\_x.pdf](http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/notatecnica_x.pdf)> Acesso em 18 abr. 2013.
- CARVÃO VEGETAL: O eucalipto na indústria de carvão vegetal. **Revista da Madeira**, n. 75, 2003. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=395&subject=Carv%C3%A3o%20Vegetal&title=O%20eucalipto%20na%20ind%C3%BAstria%20de%20carv%C3%A3o%20vegetal](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=395&subject=Carv%C3%A3o%20Vegetal&title=O%20eucalipto%20na%20ind%C3%BAstria%20de%20carv%C3%A3o%20vegetal)> Acesso em 18 abr. 2013.
- DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J. Leucena (*Leucaena leucocephala*): leguminosa de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. **Comunicado Técnico**. Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, n. 142, p. 1-8, 2010.
- FERREIRA, M. Características da madeira de espécies/procedências/árvores superiores e clones de *Eucalyptus* – revisão aplicada ao melhoramento para produção de pasta celulósica. **Anais da Reunião Regional sobre Clonagem Intensiva em Eucalyptu/Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**: 1-18, 1994.
- FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**. n.2/3, p. 65-74, 1971.

FRANCO, A. A.; SOUTO, S. M. *Leucaena leucocephala* – uma leguminosa com múltiplas utilidades para os trópicos. **Comunicado Técnico**. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, n. 2, p. 1-7, 1986.

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília. Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368p.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira**. Manual didático. 3ª ed. revisada. Universidade Federal do Paraná, 2005. 86p.

LAFETÁ, B. O.; PENIDO, T. M. A. Coluna – densidade da madeira e energia. **Jornal Montes Claros**. Disponível em: <<http://jornalmontesclaros.com/2013/01/28/coluna-densidade-da-madeira-e-energia.html#ixzz2Qa12kOBX>> Acesso em: 15 abr. 2013.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 1ª ed., São Paulo: D&Z, 2004. 413p.

MARTINS, J. G.; VIEIRA, A. **Materiais de construção: derivados de madeira**. 1ª ed. 2004. 153p.

MENDES, M. G.; GOMES, P. A.; OLIVEIRA, J. B. O processo de carbonização continua da madeira. In: PENEDO, W.R. (ed) **Propriedades e controle de qualidade do carvão vegetal**. Belo Horizonte, CETEC. p. 77-89. 1982

OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. 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-SP, v. 38, n. 87, p. 431-439, 2010.

OLIVEIRA, J. B.; VIVACQUA FILHO, A.; MENDES, M. G.; GOMES, P. A. Produção de Carvão Vegetal - aspectos técnicos. In: PENEDO, W.R. (ed) **Produção e utilização de carvão vegetal**. Belo Horizonte, CETEC. p. 61-73. 1982.

PEREIRA, D. D.; PEREIRA, F. C. **Curso de capacitação em manejo ambiental integrado: Ecologia das caatingas**. SOS Sertão. Patos-PB, 2012.

SILVA, M. E. C. M. **Apontamentos de tecnologia dos produtos florestais: composição química da madeira**. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). Portugal. 2010. 18p. Disponível em: <<http://www.cifap.utad.pt/Higroscopicidade.pdf>> Acesso em 28 mai. 2013.



---

**CAPÍTULO 1 - CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS, FÍSICAS E QUÍMICAS  
DA AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) E DA LEUCENA (*Leucaena  
leucocephala* (Lam.) R. de Wit)<sup>1</sup>**

---

---

<sup>1</sup> Manuscrito a ser submetido à **Revista Árvore**

**CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS, FÍSICAS E QUÍMICAS DA AROEIRA  
(*Myracrodruon urundeuva* Allemão) E DA LEUCENA (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R.  
de Wit)**

RESUMO – Avaliaram-se as características dendrométricas, físicas e químicas da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e da leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit). Foi realizada a supressão de cinco exemplares da *Myracrodruon urundeuva* e *Leucaena leucocephala*, seguindo-se critérios de qualidade fenológica e de sanidade. Os parâmetros dendrométricos avaliados foram o DAP, altura total e comercial, volume com casca e sem casca. Foi avaliada a densidade básica média e feitas análises químicas da madeira. O experimento foi arranjado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), e os valores foram submetidos à análise de variância pelo teste “F” ao nível de 5% de probabilidade. As espécies apresentaram parâmetros dendrométricos com valores médios de DAP 10,00 e 14,08 cm; altura total 8,20 e 12,93 m; altura comercial 4,90 e 10,07 m; volume com casca 0,032 e 0,104 m<sup>3</sup>; volume sem casca 0,025 e 0,095 m<sup>3</sup> para a *Myracrodruon urundeuva* e a *Leucaena leucocephala*, respectivamente. A *Myracrodruon urundeuva* apresentou maior densidade básica (740,99 kg/m<sup>3</sup>) em relação à *Leucaena leucocephala* (601,96 kg/m<sup>3</sup>). O teor de cinzas encontrado na *Myracrodruon urundeuva* (1,08%) foi superior ao da *Leucaena leucocephala* (0,66%). Já os teores de extrativos totais (12,75 e 10,80%) e holocelulose (59,04 e 59,23%) para a *Myracrodruon urundeuva* e a *Leucaena leucocephala* foram semelhantes. A *Leucaena leucocephala* obteve maior teor de lignina total (29,31%) e o poder calorífico da madeira (4.996,790 kcal/kg). Portanto, a madeira das duas espécies apresentou boas características físicas, químicas e energéticas, podendo-se, assim, recomendar a madeira da *Leucaena leucocephala* para uso com fins energéticos, já que esta é uma espécie exótica, sem restrições de exploração e com excelente adaptabilidade às condições semiáridas.

Palavras-chave: Caatinga; madeira; poder calorífico.

**DENDROMETRIC, PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES CHARACTERISTICS  
OF AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) AND LEUCAENA (*Leucaena  
leucocephala* (Lam.) R. de Wit)**

ABSTRACT – We evaluated the dendrometric, physical and chemical characteristics of aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) and leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R.

*de Wit). Suppression of five specimens of urundeuva Myracrodruon and Leucaena leucocephala was performed, following quality, phenological and health criteria. The dendrometric parameters were DAP, total and commercial height, volume with and without bark (shell). The average basic density of wood was evaluated and chemical analyses were made. The experiment was arranged in a completely randomized design (DIC), and the values were submitted to analysis of variance by the test "F" at 5% probability. The species presented dendrometric parameters with average values of DAP of 10.00 and 14.08 cm; overall height 8.20 and 12.93 m; commercial height 4.90 and 10.07 m; volume with bark 0.032 and 0.104 m<sup>3</sup>; volume without bark 0.025 and 0.095 m<sup>3</sup> for Myracrodruon urundeuva and Leucaena leucocephala, respectively. The Myracrodruon urundeuva showed higher basic density (740.99 kg / m<sup>3</sup>) compared with Leucaena leucocephala (601.96 kg / m<sup>3</sup>). The ash content found on Myracrodruon urundeuva (1.08%) was higher than that of Leucaena leucocephala (0.66%). Since the extractives content (12.75 to 10.80%) and holocellulose (59.04 and 59.23%) for Myracrodruon urundeuva and Leucaena leucocephala were similar. The Leucaena leucocephala got higher total lignin content (29.31%) and the heating value of wood (4996.790 kcal / kg). Therefore, the wood of the two species showed good physical, chemical and energy characteristics, and we can therefore recommend the wood of Leucaena leucocephala for use for energy purposes, since this is an exotic species, with unrestricted exploration and excellent adaptability the semi-arid conditions.*

*Keywords: Caatinga; wood; calorific value.*

## **1. INTRODUÇÃO**

Exclusivo do Brasil, o bioma Caatinga possui características de regiões semiáridas, ecossistema bastante rico em flora e fauna e capacidade de adaptação a condições climáticas extremas, ou seja, da seca mais prolongada à possível enchente. Dentre os biomas brasileiros, é o mais negligenciado em seus diferentes aspectos, mesmo com o uso inadequado e não sustentável dos solos e recursos naturais, praticados há centenas de anos (PEREIRA; PEREIRA, 2012; VELLOSO; SAMPAIO; SAMPAIO, 2002).

A flora da Caatinga representa, para a população inserida neste bioma, valores de importância ecológica, cultural e econômica, proporcionado às comunidades que vivem em suas proximidades a utilização dos recursos florestais oferecidos para sobreviverem, manterem costumes e gerarem rendas para as famílias, sendo estes de caráter madeireiros (a

lenha, o carvão e a estaca) e ou de caráter não madeireiro (as folhas e cascas para remédios fitoterápicos, as fibras utilizadas na confecção de artesanatos, etc.). Algumas espécies que podem ser citadas são *Mimosa tenuiflora*, *Poincianella pyramidalis*, *Anadenanthera colubrina*, *Aspidosperma pyrifolium* e *Myracrodruon urundeuva*.

A hierarquia taxonômica da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) é descrita de acordo com o Sistema de Classificação de Cronquist, em que a espécie pertence à divisão Magnoliophyta (Angiosperma), classe Magnoliopsida (Dicotiledônias), ordem Sapindales e família Anacardiaceae. A *Myracrodruon urundeuva* possui ampla distribuição geográfica no Brasil, ocorrendo ainda em outros países da América do Sul, a exemplo da Argentina, Bolívia e Paraguai. É uma árvore caducifólia, de copa larga, de fuste reto e alto, com crescimento considerado de lento a moderado. A madeira é considerada muito pesada, com densidade aparente variando entre 1,00 e 1,21 g·cm<sup>-3</sup> a 15% de umidade, de difícil trabalhabilidade, alta resistência mecânica e ao apodrecimento ou ataque de cupins de madeira seca. Apresenta várias opções de utilização, como: obras externas; postes; vigas; na carpintaria; etc. (CARVALHO, 2003; MAIA, 2004).

No Brasil, o uso de árvores exóticas ganhou ênfase em vários setores de produtos florestais. A necessidade de gerar maior quantidade de insumo em menor espaço de tempo e reduzir a pressão sobre as matas nativas foram os fatores que, combinados, motivaram grandes empresas a investirem no plantio de espécies exóticas. A adaptação às condições climáticas e as características semelhantes às espécies nativas para determinada finalidade são outros fatores que contribuem para o uso das mesmas. A leucena é um exemplo de espécie exótica que está inserida na Caatinga e já mostrou boa adaptabilidade às condições climáticas.

A leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit) é uma espécie arbóreo-arbustiva, pertencente à família Mimosaceae (Leguminosae – Mimosoideae), nativa das Américas. É uma leguminosa com ampla diversidade de uso, por isso tem sido usada como opção de plantio em regiões tropicais. Apresenta bom desenvolvimento em regiões com precipitação entre 600 e 1700 mm de chuva por ano, sendo também encontrada em regiões onde o regime de chuva é de 250 mm anual. Existem diferentes variedades da *Leucaena leucocephala*, destinadas a diferentes usos, como produção de forragem, adubo verde, enriquecimento e melhoramento do solo, entres outros. O tipo Salvador, por exemplo, tem porte arbóreo, apresenta fuste retilíneo, sendo adequada para a produção de lenha, carvão, celulose e madeira. No Brasil, as variedades da *Leucaena leucocephala* empregadas apresentam densidade básica da madeira de 0,55-0,70 g·cm<sup>-3</sup>. O comportamento silvicultural é destacado nas condições do semiárido nordestino, apresentando densidade da madeira

semelhante a outras espécies exóticas e a espécies nativas (DRUMOND; RIBASKI, 2010; FRANCO; SOUTO, 1986).

A qualidade da madeira é estimada a partir de parâmetros físico-químicos, suas variabilidades e possíveis correlações com outros parâmetros da madeira e do produto final. Um exemplo é a relação proporcional entre a densidade da madeira e sua constituição química, ou seja, os teores de lignina e extrativos (OLIVEIRA et al., 2010). A constituição química e estrutural da madeira influenciará na sua escolha para algumas finalidades, pois certas propriedades organolépticas são determinadas pela presença de substâncias químicas. Partindo da necessidade de conhecer os parâmetros que qualificam a madeira, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as características dendrométricas, físicas e químicas da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e da leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Localização e coleta do material biológico

No presente trabalho, foi realizada a supressão de cinco exemplares das espécies *Myracrodruon urundeuva* Allemão (aroeira) e *Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit (leucena), seguindo critérios de qualidade fenológica e de sanidade. Os exemplares da *Myracrodruon urundeuva* foram coletados no Sítio Arapuá, localizado no município de Uiraúna-PB, sob as coordenadas 6°33' de latitude Sul e 38°25' de longitude Oeste. A temperatura média anual varia entre 23 e 30 °C, com o regime pluviométrico baixo e irregular (400 a 600 mm/ano), solo predominante do tipo Podizólico Vermelho-Amarelo, de composição areno-argilosa (BRASIL, 2005). Os exemplares da *Leucaena leucocephala* foram coletados no horto florestal da UFCG, *Campus* de Patos-PB, com coordenadas 07°01' de latitude Sul e 37°15' de longitude Oeste. O local apresenta temperatura e precipitação média anual de 28°C e 700 mm, respectivamente, e umidade relativa do ar de 55% (BRASIL, 2005).

### 2.2. Amostragem da madeira

Em cada árvore, foram coletados cinco discos (5 cm de espessura) de acordo com a Figura 1, a uma altura de zero (base), 25, 50, 75 e 100% da altura comercial do tronco (limite de nível de inclusão,  $\varnothing \geq 5$  cm), sendo medidos os diâmetros com casca e sem casca, nessas

posições, para o cálculo do volume de madeira. Antes e depois de cada disco, foram coletados toretes com 15 cm de espessura. As amostras foram devidamente identificadas e conduzidas ao Laboratório de Energia do Setor de Tecnologia de Produtos Florestais (STPF) da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal (UAEF) da UFCG, no *Campus* de Patos-PB, onde foram realizados os estudos.

Entra Figura 1

Cada disco foi subdividido em quatro partes iguais em forma de cunha, com os cortes passando pela medula, utilizando-se as porções opostas parte para a determinação da densidade básica. Os toretes foram cavaqueados e homogeneizados por árvore e secos ao ar livre, para serem destinados às análises químicas da madeira.

### 2.3. Análise físico-química da madeira

Os parâmetros dendrométricos foram obtidos a partir da avaliação das características de crescimento: diâmetro à altura do peito (DAP); e altura total e comercial. O volume individual de cada árvore, com casca e sem casca, foi obtido por meio da aplicação sucessiva da fórmula de Smalian, de acordo com Silva e Paula Neto (1979).

$$G_n = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \qquad V_i = \frac{G_n + G_{n+1}}{2} \cdot L \qquad V_T = \sum V_i$$

Em que:  $G_n$  é a área seccionada;  $D$  é o diâmetro da secção;  $L$  é o comprimento da tora;  $V_i$  é o volume individual da secção;  $V_T$  é o volume total.

A determinação da densidade básica da madeira foi realizada de acordo com o método para discos utilizando balança hidrostática, conforme a NBR 11941 (ABNT, 2003).

$$d_b = \frac{m_3}{(m_2 - m_1)}$$

Em que:  $d_b$  é a densidade básica da madeira, em gramas por centímetro cúbico ( $g/cm^3$ );  $m_3$  é a massa da amostra seca em estufa a  $105 \pm 2$  °C, em gramas (g);  $m_2$  é massa do recipiente com água e disco imerso, em gramas (g);  $m_1$  é a massa do recipiente com água, em gramas.

A partir dos resultados da densidade básica da madeira foi calculada a densidade básica média aritmética (**DB $\bar{x}$ A**) e a densidade básica média ponderada de cada árvore (**DB $\bar{x}$ P**).

$$\mathbf{DB\bar{x}A} = \frac{\mathbf{DB_{0\%}} + \mathbf{DB_{25\%}} + \mathbf{DB_{50\%}} + \mathbf{DB_{75\%}} + \mathbf{DB_{100\%}}}{5}$$

Em que: **DB $\bar{x}$ A** é a densidade básica média aritmética da árvore (g/cm<sup>3</sup>); **DB** é a densidade básica média por ponto de amostragem (g/cm<sup>3</sup>).

$$\mathbf{DB\bar{x}P} = \frac{(\mathbf{DB\bar{x}_{(0-25\%)}} \cdot \mathbf{V_{(0-25\%)}}) + \dots + (\mathbf{DB\bar{x}_{(75-100\%)}} \cdot \mathbf{V_{(75-100\%)}})}{\mathbf{V_{(0-25\%)}} + \mathbf{V_{(25-50\%)}} + \mathbf{V_{(50-75\%)}} + \mathbf{V_{(75-100\%)}}}$$

Em que: **DB $\bar{x}$ P** é a densidade básica média ponderada da árvore (g/cm<sup>3</sup>); **DB $\bar{x}$**  é a densidade básica média entre as posições (0-25%), (25-50%), (50-75%) e (75-100%) da altura comercial (g/cm<sup>3</sup>); **V** é o volume das seções entre as posições (0-25%), (25-50%), (50-75%) e (75-100%) da altura comercial (m<sup>3</sup>).

A preparação da madeira para análise química seguiu a norma T 257 om-92 (1992), transformando os cavacos em serragem, com auxílio de um moinho tipo Wiley, e classificando-os em peneiras de 40/60 mesh. A análise química foi realizada em duplicata sob uma fração da serragem classificada. O teor absolutamente seco foi determinado em duplicata a partir da norma TAPPI 264 om-88 (1992). Foram feitas determinações quantitativas de extrativos totais, de lignina, teor de cinzas e holocelulose (obtida por diferença).

Seguindo-se a norma M-3/69 (ABCP, 1974), na determinação de extrativos totais, foi realizada a solubilidade da madeira em álcool/tolueno, álcool e água quente, substituindo o benzeno por tolueno em extratores tipo Soxhlet. Para se terminar o conteúdo de lignina, foi empregado o método Klason, modificado por Gomide e Demuner (1986). Foi feita uma leitura em espectrofotômetro do filtrado remanescente da análise de lignina, com a finalidade de determinar a lignina solúvel em ácido, de acordo com Goldschimid (1971). O teor de lignina total corresponde à soma da lignina residual e da lignina solúvel em ácido. De acordo com a norma M-11/77 (ABCP, 1974), foi verificado o teor de cinzas da madeira. O poder calorífico superior da madeira foi determinado por meio de calorímetro adiabático de acordo com a NBR 8633 (ABNT, 1984).

## 2.4. Delineamento experimental

O experimento foi arranjado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por dois tratamentos (espécies) e cinco repetições (árvores). Os valores foram submetidos à análise de variância pelo teste “F” ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do Programa Estatístico “ASSISTAT” (SILVA; AZEVEDO, 2013).

## 3. RESULTADOS

Com relação às características dendrométricas, foram observados valores médios para diâmetro à altura do peito (DAP) de 10,00 cm na *Myracrodruon urundeuva* e 14,08 cm na *Leucaena leucocephala* (Tabela 1). A altura total e comercial apresentaram, respectivamente, valores médios de 8,20 m e 4,90 m, para *Myracrodruon urundeuva*, e 12,93 m e 10,07 m para *Leucaena leucocephala*. Já o volume médio com casca foi 0,032 m<sup>3</sup>, na *Myracrodruon urundeuva*, e 0,104 m<sup>3</sup> na *Leucaena leucocephala*, e o volume médio sem casca de 0,025 m<sup>3</sup>, na *Myracrodruon urundeuva*, e 0,095 m<sup>3</sup> na *Leucaena leucocephala*.

Para a média aritmética e a média ponderada dos valores da densidade básica da madeira, foram observadas diferenças significativas entre as duas espécies (Tabela 1). A *Myracrodruon urundeuva* apresentou densidade básica média de aproximadamente 740,99 kg/m<sup>3</sup>, valor superior à média da *Leucaena leucocephala*, que foi de 601,96 kg/m<sup>3</sup>. Mesmo quando ponderado, o valor médio da densidade básica da *Myracrodruon urundeuva* (755,75 kg/m<sup>3</sup>) também foi superior ao encontrado para *Leucaena leucocephala* (610,23 kg/m<sup>3</sup>).

Entra Tabela 1

A madeira da *Myracrodruon urundeuva* apresentou maior quantidade de cinzas em sua constituição, sendo composta, em média, por 1,08% de materiais inorgânicos, enquanto a *Leucaena leucocephala* rendeu apenas 0,66% do mesmo material (Tabela 2). Da mesma forma, a quantidade de materiais orgânicos, ou seja, de extrativos que foram isolados, apresentaram superioridade significativa para a *Myracrodruon urundeuva* (12,75%) em relação à *Leucaena leucocephala* (10,80%). Os teores de lignina encontrados nas espécies em estudo também se mostraram divergentes, com menor teor para *Myracrodruon urundeuva* (27,13%) e maior teor para a *Leucaena leucocephala* (29,31%). Já o teor de holocelulose encontrado na madeira das referidas espécies foi semelhante. A análise de energia bruta



realizada para determinar o poder calorífico superior da madeira resultou num rendimento energético maior para a *Leucaena leucocephala*, com 4.996,790 kcal/kg, sendo que a *Myracrodruon urundeuva* rendeu 4.659,633 kcal/kg.

Entra Tabela 2

#### 4. DISCUSSÃO

A densidade da madeira é influenciada pelo ajuste de diversos fatores anatômicos, o que a torna uma característica complexa, porém importante para as propriedades físicas e mecânicas, podendo variar entre espécies distintas, na mesma espécie ou em diferentes regiões da mesma árvore (FOELKEL; BRASIL; BARRICHELO, 1971).

Os valores da densidade básica média aritmética das duas espécies foram inferiores aos encontrados por Medeiros Neto et al. (2012), que, estudando duas espécies da Caatinga, encontraram densidade de 1.052,46 kg/m<sup>3</sup>, para *Poincianella pyramidalis*, e 997,75 kg/m<sup>3</sup> para *Handroanthus impertiginosus*. Vários fatores podem ter influenciado para as espécies em estudo terem apresentado médias inferiores, como idade, tipo de solo e condições ambientais. Batista, Klitzke e Santos (2010), ao pesquisarem clones de três espécies de *Eucalyptus*, observaram densidade de 460,00 kg/m<sup>3</sup>, para *Eucalyptus saligna*; 450,00 kg/m<sup>3</sup>, para *Eucalyptus grandis*, e 560,00 kg/m<sup>3</sup> para *Eucalyptus dunnii*, valores estes inferiores ao encontrado para a *Leucaena leucocephala* (602,00 kg/m<sup>3</sup>), que, da mesma forma, é uma espécie exótica. A densidade é muito variável em espécies comerciais, devido às condições climáticas, seu teor de umidade e infiltrações no cerne (MARTINS; VIEIRA, 2004).

A quantidade de cinza presente na madeira da *Myracrodruon urundeuva* (1,08%) e da *Leucaena leucocephala* (0,66%) foi inferior aos valores encontrados por Medeiros Neto et al. (2012) para *Poincianella pyramidalis* (3,69%). O teor de lignina foi de 27,13 e 29,31% para *Myracrodruon urundeuva* e *Leucaena leucocephala*, respectivamente, sendo superiores ao encontrado para *Poincianella pyramidalis* (26,64%), ratificando a teoria explicada por Oliveira (2003), em que maiores quantidades de cinzas na madeira são decorrentes de menores teores de lignina. A menor quantidade de cinzas indica que menos resíduos serão gerados após a queima da madeira, favorecendo a limpeza do ambiente onde está sendo utilizada a madeira. As cinzas também não são desejadas no setor de siderurgia porque alguns dos minerais presentes na madeira são prejudiciais aos processos de produção. A composição

e o teor das cinzas estão diretamente relacionados com a disponibilidade de minerais presentes no solo (OLIVEIRA, 2003).

Ao observar os valores encontrados para o teor de extrativos totais presentes na madeira da *Myracrodruon urundeuva* (12,75%) e da *Leucaena leucocephala* (10,80%), constatou-se superioridade das duas espécies aos valores encontrados para mesma variável por Vale, Dias e Santana (2010), quando estudaram as propriedades químicas da madeira de cinco espécies do Cerrado, em que as médias variaram entre 6,14 e 8,54% de extrativos. Já Fonsêca (2011), ao realizar um estudo comparativo entre o *Ziziphus joazeiro* e *Prosopis juliflora*, no semiárido paraibano, obteve maiores valores de extrativos totais, com 22,69% para a primeira e 29,25% para a segunda.

O poder calorífico encontrado para a *Leucaena leucocephala* (4.996,79 kcal/kg), que é uma espécie exótica, mostrou-se superior à espécie nativa estudada, a *Myracrodruon urundeuva* (4.659,633 kcal/kg), bem como às espécies estudadas por Santos et al. (2013), que foram oriundas de um plano de manejo florestal no Estado do Rio Grande do Norte, em que, dentre todas as espécies, a que se destacou foi a *Mimosa tenuiflora*, com 4.823 kcal/kg. Medeiros Neto et al. (2012) também encontraram valores inferiores para a *Poincianella pyramidalis* e a *Handroanthus impertiginosus*, ambas da região semiárida, com 4.413,50 e 4.806,30 kcal/kg, respectivamente.

## 5. CONCLUSÃO

A densidade básica da madeira (média aritmética e média ponderada) da *Myracrodruon urundeuva* foi superior à da *Leucaena leucocephala*.

O teor de cinzas presente na *Myracrodruon urundeuva* foi maior que o presente na *Leucaena leucocephala*. Já a quantidade de lignina foi maior na *Leucaena leucocephala* e menor na *Myracrodruon urundeuva*.

Os compostos orgânicos extraídos da madeira apresentaram-se em quantidades semelhantes na *Myracrodruon urundeuva* e na *Leucaena leucocephala*. Da mesma forma, os teores de holocelulose presente nas duas espécies foram semelhantes.

O poder calorífico superior da madeira foi maior na espécie *Leucaena leucocephala*, sendo que esta disponibiliza de uma maior quantidade de calor durante a queima.

A madeira da *Myracrodruon urundeuva* mostrou-se de boa qualidade no que se refere às características físicas, químicas e energéticas, porém seu uso deve ser restrito e sob forma de manejo, já que a mesma é uma espécie que está em extinção.

Assim, a madeira da *Leucaena leucocephala* pode ser recomendada para uso com fins energéticos, pois esta apresentou boas características físicas, químicas e energéticas, além de ser uma espécie exótica, sem restrições de exploração e com excelente adaptabilidade às condições semiáridas.

## 6. AGRADECIMENTO

A toda a equipe de trabalho do Laboratório de Energia do Setor de Tecnologia de Produtos Florestais (STPF) da UFCG, *Campus* de Patos-PB, bem como aos demais colaboradores.

## TABELAS

**Tabela 1** – Valores médios das características dendrométricas e densidade básica da madeira da *Myracrodruon urundeuva* e da *Leucaena leucocephala*

*Table 1* – Average values for dendrometric characteristics and basic wood density of *Myracrodruon urundeuva* and *Leucaena leucocephala*

Espécie	ÁRV.	DAP (cm)	ALT. T. (m)	ALT. C. (m)	VOL. C/C (m <sup>3</sup> )	VOL. S/C (m <sup>3</sup> )	DB $\bar{x}$ A (kg/m <sup>3</sup> )	DB $\bar{x}$ P (kg/m <sup>3</sup> )
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	1	12,10	8,00	5,00	0,041	0,034	737,64	749,18
	2	8,76	7,50	3,90	0,022	0,018	704,49	710,99
	3	9,39	8,00	5,20	0,030	0,023	687,92	705,24
	4	10,19	9,50	5,20	0,034	0,027	779,70	797,73
	5	9,55	8,00	5,20	0,030	0,025	795,17	815,67
<b>Médias</b>	—	<b>10,00</b>	<b>8,20</b>	<b>4,90</b>	<b>0,032</b>	<b>0,025</b>	<b>740,99a</b>	<b>755,75a</b>
<i>Leucaena leucocephala</i>	1	13,54	10,60	7,90	0,079	0,068	613,52	621,95
	2	13,22	13,15	10,55	0,088	0,080	602,32	609,78
	3	12,42	12,70	9,20	0,080	0,073	603,28	605,80
	4	14,81	14,00	12,00	0,127	0,119	586,46	596,51
	5	16,40	14,20	10,70	0,147	0,133	604,21	617,09
<b>Médias</b>	—	<b>14,08</b>	<b>12,93</b>	<b>10,07</b>	<b>0,104</b>	<b>0,095</b>	<b>601,96b</b>	<b>610,23b</b>
<b>QMRes</b>	—	—	—	—	—	—	<b>1.121,831</b>	<b>1.292,887</b>
<b>CV(%)</b>	—	—	—	—	—	—	<b>4,99</b>	<b>5,96</b>

DAP (diâmetro à altura do peito); ALT. T.(altura total); ALT. C. (altura comercial); VOL. C/C(volume com casaca); VOL. S/C (volume sem casaca); DB $\bar{x}$ A (densidade básica média aritmética), DB $\bar{x}$ P (densidade básica média ponderada); QMRes (quadrado médio do resíduo); CV (coeficiente de variação). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste “F” ao nível de 5%.

**Tabela 2** – Valores médios das análises químicas e poder calorífico da madeira da *Myracrodruon urundeuva* e da *Leucaena leucocephala*

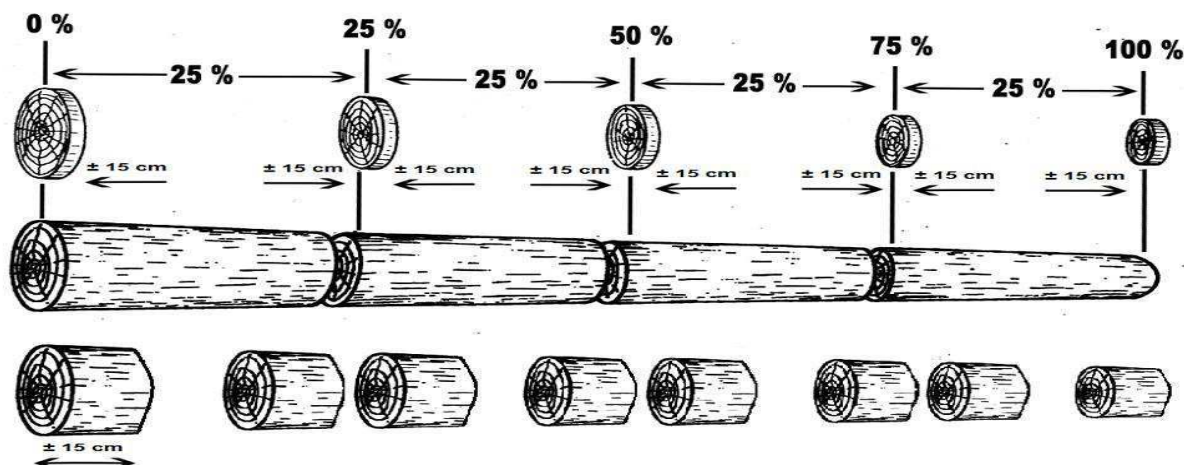
**Table 2** – Average values of chemical analyzes and calorific value of wood *Myracrodruon urundeuva* and *Leucaena leucocephala*

Espécie	Árvore	CINZ. M. (%)	EXTR. T. (%)	LIG. T. (%)	HOL. (%)	PCSM (kcal/kg)
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	1	1,50	14,75	26,25	57,50	4.568,219
	2	1,20	11,00	29,28	58,52	4.840,646
	3	0,80	11,50	25,89	61,81	4.871,964
	4	1,30	12,25	26,92	59,53	4.522,052
	5	0,60	14,25	27,32	57,83	4.495,282
<b>Médias</b>	—	<b>1,08a</b>	<b>12,75a</b>	<b>27,13b</b>	<b>59,04a</b>	<b>4.659,633b</b>
<i>Leucaena leucocephala</i>	1	0,80	12,5	29,11	57,59	4.946,214
	2	0,80	11,25	29,48	58,47	4.932,506
	3	0,60	10,25	29,40	59,75	5.107,167
	4	0,50	10,00	29,34	60,16	5.083,091
	5	0,60	10,00	29,20	60,20	4.914,973
<b>Médias</b>	—	<b>0,66b</b>	<b>10,80a</b>	<b>29,31a</b>	<b>59,23a</b>	<b>4.996,790a</b>
<b>QMRes</b>	—	<b>0,078</b>	<b>1,975</b>	<b>0,888</b>	<b>2,170</b>	<b>20.645,224</b>
<b>CV(%)</b>	—	<b>32,00</b>	<b>11,94</b>	<b>3,34</b>	<b>2,49</b>	<b>2,98</b>

CIZ. M. (cinzas da madeira); EXTR. T. (extrativo total); LIG. T. (lignina total); HOL. (holocelulose); PCSM (poder calorífico superior da madeira); QMRes (quadrado médio do resíduo); CV (coeficiente de variação). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste “F” ao nível de 5%.

## FIGURAS

Fonte – Vital (1984), modificado por Almeida (2010)



**Figura 1** – Método utilizado para seccionar discos e toretes da *Myracrodruon urundeuva* e da *Leucaena leucocephala*

**Figure 1** – Method used for slicing discs and small logs of *Myracrodruon urundeuva* and *Leucaena leucocephala*

## 7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M. C. **Avaliação anatômica, físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke e *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro.** 2010. 40p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. NORMAS ABCP. **M-11/77: Teor de cinzas ou minerais.** São Paulo, 1974. n.p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. NORMAS ABCP. **M-3/69: Preparação de madeira livre de extrativos.** São Paulo, 1974. n.p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. Normas Técnicas NBR 8633. **Carvão vegetal: determinação do poder calorífico.** Brasília, 1984. n.p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. Normas Técnicas NBR 11941. **Madeira: determinação da densidade básica.** Brasília, 2003. n.p.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; SANTOS, C. V. T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 665-674, 2010.

BRASIL. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Uiraúna, estado da Paraíba. **Ministério de Minas e Energia/Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético/Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral/Programa Luz Para Todos/Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios/Serviço Geológico do Brasil/Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial.** Recife-PE, 2005. 10p.

BRASIL. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Patos, estado da Paraíba. **Ministério de Minas e Energia/Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético/Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral/Programa Luz Para Todos/Programa de Desenvolvimento**

**Energético dos Estados e Municípios/Serviço Geológico do Brasil/Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial.** Recife-PE, 2005. 10p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. 1039p.

DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J. *Leucena (Leucaena leucocephala)*: leguminosa de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. **Comunicado Técnico.** Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, n. 142, p. 1-8, 2010.

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **Instituto de pesquisas e estudos florestais.** n.2/3, p. 65-74, 1971.

FONSÊCA, C. M. B. **Estudo comparativo do potencial energético do Juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Martius) e da Algarobeira (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.) na produção de carvão no semiárido paraibano.** 2011.59 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Campina Grande, Patos-PB, 2011.

FRANCO, A. A.; SOUTO, S. M. *Leucaena leucocephala* – uma leguminosa com múltiplas utilidades para os trópicos. **Comunicado Técnico.** Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, n. 2, p. 1-7, 1986.

GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWWIG, C. H. (Eds) **Lignins.** New York: Wiley Interscience, 1971. p. 241-66.

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O papel,** v. 47, n. 8, p. 36-38, 1986.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades.** 1ª ed., São Paulo: D&Z, 2004. 413p.

MARTINS, J. G.; VIEIRA, A. **Materiais de construção: derivados de madeira.** 1ª ed. 2004. 153p.

MEDEIROS NETO, P. N.; OLIVEIRA, E.; CALEGARI, L.; ALMEIDA, A. M. C.; PIMENTA, A. S.; CARNEIRO, A. C. O. Características físico-químicas e energéticas de duas espécies de ocorrência no semiárido brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 579-588, 2012.

OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. 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. 431-439, 2010.

OLIVEIRA, E. **Características anatômicas, químicas e térmicas da madeira de três espécies de maior ocorrência no semiárido nordestino**. 2003. 122 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

PEREIRA, D. D.; PEREIRA, F. C. **Curso de capacitação em manejo ambiental integrado: Ecologia das caatingas**. SOS Sertão. Patos-PB, 27 p. 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.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2013.

SILVA, J. A. A.; PAULA NETO, F. **Princípios básicos de dendrometria**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, 1979. 191p.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. **TAPPI test methods T 257 om- 92: sampling and preparing wood for analysis**. Atlanta: Tappi Technology Park, 1992. v.1.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. **TAPPI test methods T 264 om-88: preparation of wood for chemical analysis**. Atlanta: Tappi Technology Park, 1992. v.1.

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

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SAMPAIO, F. G. C. **Ecorregiões propostas para o Bioma Caatinga**. Recife: Associação Plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil, 2002. 76p.



---

**CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DA AROEIRA  
(*Myracrodruon urundeuva* Allemão) E DA LEUCENA (*Leucaena leucocephala* (Lam.)  
R. de Wit)<sup>2</sup>**

---

---

<sup>2</sup> Manuscrito a ser submetido à **Revista Ciência Florestal**

## CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DA AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) E DA LEUCENA (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit)

ENERGY CHARACTERISTICS OF AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) AND LEUCAENA (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit)

### RESUMO

A exploração de madeira para ser queimada, ou seja, com finalidade energética (lenha e carvão), vem provocando redução na vegetação nativa e, agregado a isto, problemas são gerados para fauna, flora e solo. O objetivo da pesquisa foi avaliar as características energéticas da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e da leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit). Foi realizada a supressão de cinco exemplares da *Myracrodruon urundeuva* e *Leucaena leucocephala*, seguindo-se critérios de qualidade fenológica e de sanidade. A carbonização foi realizada em duplicata, utilizando a madeira anidra. Também foi realizada análise química imediata do carvão, determinação da densidade verdadeira e densidade aparente. O poder calorífico superior foi determinado por meio de calorímetro adiabático. O experimento foi arranjado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), e os valores foram submetidos à análise de variância pelo teste "F" ao nível de 5% de probabilidade. A *Myracrodruon urundeuva* e a *Leucaena leucocephala* apresentaram rendimento semelhante, com 41,22% e 40,59% de carvão, 22,07% e 26,45% de líquido condensado e 36,71% e 33,16% de gases não condensáveis. A densidade aparente do carvão da *Myracrodruon urundeuva* (0,59 g/cm<sup>3</sup>) foi maior que a da *Leucaena leucocephala* (0,39 g/cm<sup>3</sup>), porém as espécies mostraram-se semelhantes para a densidade verdadeira do carvão, com 1,21 g/cm<sup>3</sup> e 1,11 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Da mesma forma, o poder calorífico superior do carvão não apresentou diferença entre as espécies, *Myracrodruon urundeuva* (6.869,338 kcal/kg) e *Leucaena leucocephala* (6977,220 kcal/kg). A quantidade de materiais voláteis liberados e de cinzas produzidas foi superior na *Myracrodruon urundeuva*, com 33,87% e 3,79%. Já o rendimento em carbono fixo foi maior na *Leucaena leucocephala* (67,15%). As espécies estudadas apresentaram características energéticas semelhantes, portanto a *Leucaena leucocephala* pode ser utilizada para produção e utilização do carvão vegetal com a mesma eficiência das espécies nativas já conhecidas e usadas para os mesmos fins.

**Palavras-chave:** Caatinga; carvão vegetal; poder calorífico; rendimento.

### ABSTRACT

The extraction of wood for energy purposes (firewood and charcoal), has led to a reduction in native vegetation and, with this, problems are generated for fauna, flora and soil. The objective of the research was to evaluate the energy characteristics of aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) and leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit). Suppression of five specimens of *urundeuva* *Myracrodruon* and *Leucaena leucocephala* was performed, following quality, phenological and health criteria. Carbonization was performed in duplicate, using anhydrous wood. Also coal chemical analysis was performed, determination of true density and bulk density. The gross calorific value was determined by adiabatic calorimeter. The experiment was arranged in a completely randomized design (DIC), and the values were submitted to analysis of variance by the test "F" at 5% probability. The *Myracrodruon urundeuva* and *Leucaena leucocephala* showed similar performance, with 41.22% and 40.59% of charcoal, 22.07% and 26.45% of condensate liquid and 36.71% and 33.16% of non-condensable gases. The apparent density of *Myracrodruon urundeuva* coal (0.59 g / cm<sup>3</sup>) was higher than that of *Leucaena leucocephala* (0.39 g / cm<sup>3</sup>), but the species were similar to the true density of coal, with 1.21 g / cm<sup>3</sup> and 1.11 g / cm<sup>3</sup>, respectively. Similarly, the gross calorific value of coal showed no difference between species, *Myracrodruon urundeuva* (6869.338 kcal / kg) and *Leucaena leucocephala* (6977.220 kcal / kg). The amount of released volatiles and ash produced was higher in *Myracrodruon urundeuva* with 33.87% and 3.79%. The income fixed carbon was higher in *Leucaena leucocephala* (67.15%). The species showed similar energy characteristics, so the *Leucaena leucocephala* can be used for production and use of charcoal with the same efficiency of native species already known and used for the same purposes.

**Keywords:** Caatinga; charcoal; calorific value; yield.

## INTRODUÇÃO

O sertão nordestino é a região semiárida que concentra a maior densidade demográfica do mundo, provocando, assim, uma forte pressão antrópica sobre as florestas, e é devido à forma de exploração não sustentável na Caatinga que os processos de degradação no bioma evoluem rapidamente. Para o desenvolvimento responsável de uma região ou até mesmo de um país, é fundamental que as questões ambientais, principalmente no que tange à sustentabilidade para uso dos recursos florestais, sejam um assunto a ser discutido (BRASIL, 2008; GARIGLIO et al., 2010).

As matas da Caatinga são classificadas como floresta arbóreo-arbustiva, com adaptação ao clima semiárido, presença de cactos, bromélias e estrato herbáceo durante a estação chuvosa. Sendo considerada pela população uma mata pouco diversificada, sem utilidade e até mesmo um obstáculo para desenvolvimento da região. Porém, os produtos oriundos da Caatinga representam bem a atividade do homem nordestino, com o provimento de produtos madeireiros como lenha, carvão e estaca, bem como produtos não madeireiros, a exemplo do mel, frutos e plantas medicinais (BRASIL, 2008; GARIGLIO et al., 2010). A exploração de madeira para ser queimada, ou seja, com finalidade energética (lenha e carvão), vem provocando redução na vegetação nativa e, agregado a isto, problemas são gerados para fauna, flora e solo, pois, com a retirada da vegetação o bioma fica sujeito a desequilíbrios ecológicos.

A *Myracrodruon urundeuva* Allemão é conhecida diferentemente dependendo da região onde se encontra inserida, como: aderno, almecega, arendeúva, arindeúva ou aroeira. A denominação aroeira é originária da abreviatura de “araroeira”, ou seja, arara e do sufixo “eira”, que significa árvore da arara. A *Myracrodruon urundeuva* é uma espécie de porte arbóreo, copa grande e caducifólia, tronco retilíneo e madeira de alta densidade. Para o setor energético, a lenha e carvão são de boa qualidade, com poder calorífico em torno de  $4.582 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}$ . No estado cearense, a madeira é utilizada em fornos (caieiras) e, segundo os oleiros, a lenha é boa porque “a queima acontece devagar” (CARVALHO, 2003; MAIA, 2004).

O impacto causado com a crise do petróleo fez com que o Brasil descobrisse, na biomassa do cultivo de florestas homogêneas, a solução para o problema energético, já que havia grande disponibilidade de terra e condições climáticas favoráveis à produção de madeira. Assim, o carvão vegetal aparece como destaque, por tratar-se de um insumo energético amplamente utilizado pela siderurgia brasileira (OLIVEIRA et al., 1982).

A utilização de espécies arbóreas exóticas vem ganhando destaque no cenário nacional frente ao setor de produção de energia. No Nordeste, algumas espécies bastante conhecidas mostraram potencialidade energética bem satisfatória, a exemplo da algaroba (*Prosopis juliflora*) e do eucalipto (*Eucalyptus* spp.).

A leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit) é uma espécie leguminosa, pertencente à família Mimosaceae, de porte arbóreo-arbustiva, podendo alcançar uma altura de 20 m e diâmetro à altura do peito (DAP) de 30 cm, com ampla diversidade de uso, justificando seu emprego como opção de plantio em regiões tropicais. No semiárido, cultivos com seis anos de idade têm mostrado desenvolvimento considerável, quando a finalidade de uso da madeira é para lenha e carvão. De um modo geral, as variedades empregadas no Brasil apresentam poder calorífico variando entre 4200 e 4600  $\text{kcal}\cdot\text{kg}^{-1}$ , rendimento de carvão de 34,7% sobre o peso básico, 81% de carbono fixo e 1,5% de conteúdo de cinzas (DRUMOND; RIBASKI, 2010; FRANCO; SOUTO, 1986). Porém, as características podem variar de acordo com as condições climáticas em que as mesmas se encontram.

Os insumos madeireiros usados como fonte energética são empregados, muitas vezes, sem as informações mínimas que quantifiquem e qualifiquem o produto final. Assim, o conhecimento do potencial energético da madeira torna-se um estudo de grande relevância, porque, a partir deste conhecimento, pode-se determinar um aproveitamento melhor da madeira extraída das florestas, seja ela nativa, seja ela plantada, de forma a atenuar os impactos ambientais. Segundo Oliveira et al. (2010), as propriedades que qualificam o carvão vegetal são de caráter físico e químico. A densidade do carvão e poder calorífico representam as propriedades de caráter físico. O carbono fixo, o teor de cinzas, os materiais voláteis e a umidade fazem parte da composição química do carvão. Com isso, o objetivo da pesquisa foi avaliar as características energéticas da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e da leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit).

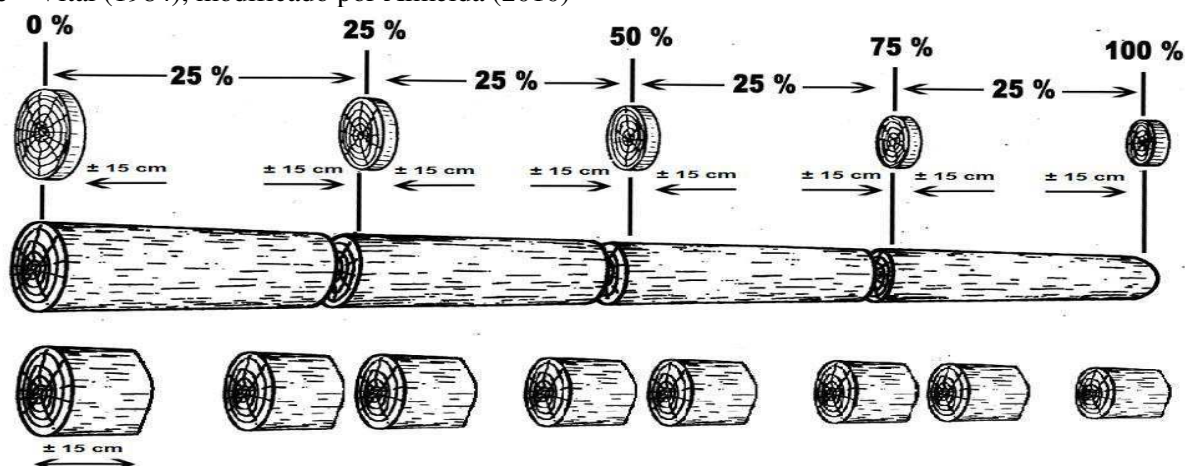
## MATERIAIS E MÉTODOS

### Coleta e preparação do material

Foi realizada a supressão de cinco exemplares das espécies *Myracrodruon urundeuva* Allemão (aroeira) e *Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit (leucena), seguindo-se critérios de qualidade fenológica e de sanidade. Os exemplares da *Myracrodruon urundeuva* foram coletados no Sítio Arapuá, localizado no município de Uiraúna-PB, sob as coordenadas 6°33' de latitude Sul e 38°25' de longitude Oeste. A temperatura média anual varia entre 23 e 30 °C, com o regime pluviométrico baixo e irregular (400 a 600 mm/ano), solo predominante do tipo Podizólico Vermelho-Amarelo, de composição areno-argilosa (BRASIL, 2005). Os exemplares da *Leucaena leucocephala* foram coletados no horto florestal da UFCG, *Campus* de Patos-PB, com coordenadas 07°01' de latitude Sul e 37°15' de longitude Oeste. O local apresenta temperatura e precipitação média anual de 28°C e 700 mm, respectivamente, e umidade relativa do ar de 55% (BRASIL, 2005).

Em cada árvore, foram coletados toretes (Figura 1) com espessura de 15 cm antes e depois da porção basal, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial do tronco (limite de nível de inclusão,  $\varnothing \geq 5$  cm). As amostras foram identificadas e conduzidas ao Laboratório de Energia do Setor de Tecnologia de Produtos Florestais (STPF) da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal (UAEF) da UFCG, *Campus* de Patos-PB. Os toretes foram transformados em cavacos e homogêneos por árvore e secos ao ar livre, para realizar a carbonização.

Fonte – Vital (1984), modificado por Almeida (2010)



**Figura 1** – Método utilizado para seccionar toretes da *Myracrodruon urundeuva* e da *Leucaena leucocephala*  
 Figure 1 – Method used for slicing small logs of *Myracrodruon urundeuva* and *Leucaena leucocephala*

### Carbonização da madeira

De cada amostra foram retirados aproximadamente 500 g de cavacos e colocados em estufa a  $105 \pm 3$  °C, por 24h, para obter a madeira anidra. Desta porção, foram empregados 300 g de cavacos no processo de carbonização, com tempo de permanência total de 5,5h. Para proceder à carbonização, os cavacos foram colocados em um cadinho metálico, aquecido em um forno elétrico (mufla), acoplado a um condensador adaptado para essa operação, tendo a elevação da temperatura programada com diferentes marchas de aquecimento: 150 °C por 1,0 h; 200 °C por 1,0 h; 250 °C por 1,5 h; 350 °C por 1,5 h; e 450 °C por 0,5 h.

As carbonizações foram realizadas em duplicatas, totalizando 10 processos por espécies. Os gases/vapores foram transportados através do condensador, e o líquido pirolenhoso foi recolhido num kitasato. Concluídas as carbonizações, foram aferidos os rendimentos em carvão vegetal, líquido pirolenhoso e, por diferença, os gases não condensáveis (avaliação quantitativa). A análise química imediata, determinação da densidade verdadeira e densidade aparente foram realizadas em duplicata.

### Análise do carvão

A análise química imediata foi realizada de acordo com a NBR 8112 (ABNT, 1986), com determinações de matérias voláteis, teor de cinzas e teor de carbono fixo em base seca. As densidades verdadeira e aparente do carvão foram calculadas de acordo com as ASTM-D-167-73, adaptadas por Oliveira, Gomes e Almeida (1982). O poder calorífico superior foi determinado por meio de calorímetro adiabático, de acordo com a NBR 8633 (ABNT, 1984). O rendimento em líquido pirolenhoso foi obtido em relação à massa da madeira seca carbonizada.

## Delineamento experimental

O experimento foi arranjado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por dois tratamentos (espécies) e cinco repetições (árvores). Os valores foram submetidos à análise de variância pelo teste “F” ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do Programa Estatístico “ASSISTAT” (SILVA; AZEVEDO, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento gravimétrico, obtido após o processo de carbonização, não apontou diferença significativa entre as espécies estudadas, com valores médios de 41,22% (*Myracrodruon urundeuva*) e 40,59% (*Leucaena leucocephala*) de carvão em relação à madeira carbonizada (Tabela 1). Da mesma forma, não houve diferença entre ambas as espécies, quando comparados seus rendimentos em líquido condensado e em gases não condensáveis. A *Myracrodruon urundeuva* apresentou um rendimento de 22,07% em líquido pirolenhoso, enquanto a *Leucaena leucocephala* rendeu 26,45%. Já o rendimento em gases não condensáveis foi de 36,71% e 33,16% para *Myracrodruon urundeuva* e *Leucaena leucocephala*, respectivamente.

**Tabela 1** – Valores médios para rendimento gravimétrico, rendimento em líquido condensado e rendimento em gases não condensáveis da *Myracrodruon urundeuva* e da *Leucaena leucocephala*

**Table 1** – Average values for gravimetric yield, condensed liquid yield and non-condensable gas yield of *Myracrodruon urundeuva* and *Leucaena leucocephala*

Espécie	Árvore	Rendimento (%)		
		Gravimétrico	Líquido Condensado	Gases não Condensáveis
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	1	41,91	17,34	40,76
	2	37,83	17,67	44,51
	3	40,23	22,43	37,33
	4	43,20	24,49	32,31
	5	42,92	28,42	28,65
<b>Médias</b>	—	<b>41,22a</b>	<b>22,07a</b>	<b>36,71a</b>
<i>Leucaena leucocephala</i>	1	40,67	27,30	32,03
	2	41,04	23,67	35,29
	3	41,25	28,69	30,06
	4	40,29	23,33	36,39
	5	39,72	28,24	32,04
<b>Médias</b>	—	<b>40,59a</b>	<b>26,45a</b>	<b>33,16a</b>
<b>QMRes</b>	—	<b>2,656</b>	<b>15,007</b>	<b>23,633</b>
<b>CV(%)</b>	—	<b>3,98</b>	<b>15,97</b>	<b>13,91</b>

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste “F” ao nível de 5%.

A carbonização da madeira originará produtos de caráter sólido, líquido e gasoso, em que a quantidade e qualidade variam em combinação com a velocidade de aquecimento (ALMEIDA; REZENDE, 1982). Oliveira et al. (2010) ainda afirmam que, além da velocidade de aquecimento, o rendimento em carvão e suas propriedades variam com a temperatura da carbonização.

Os valores conseguidos no rendimento gravimétrico, quando comparados aos valores obtidos por Medeiros Neto et al. (2012), para duas espécies da Caatinga, foram superiores ao da *Handroanthus impertiginosus* (37,90%), porém inferiores ao da *Poincianella pyramidalis* (43,03%). O rendimento final de carvão, vegetal em relação à quantidade madeira carbonizada, pode influenciar diretamente na escolha da espécie utilizada para produção, principalmente se tratando de produção em larga escala, pois os setores que utilizam esse material aliam a quantidade disponível à sua qualidade. O rendimento que Vale, Dias e Santana (2010) obtiveram para cinco espécies do Cerrado (*Pterodon pubescens*, *Dalbergia miscolobium*, *Sclerolobium paniculatum*, *Stryphnodendron adstringens* e *Vochysia thyrsoidea*) foram todos inferiores aos encontrados para a *Myracrodruon urundeuva* e a *Leucaena leucocephala*. Comparando a *Leucaena leucocephala* à outra espécie exótica já utilizada como fonte de energia no Brasil, a mesma apresentou rendimento em carvão superior ao encontrado por Botrel et al. (2007), quando estudaram nove diferentes clones de *Eucalyptos* para melhorar geneticamente as propriedades do carvão.

Parâmetros físicos que qualificam o carvão vegetal, como a densidade aparente e a densidade verdadeira, apresentam valores médios que são vistos na Tabela 2, além do poder calorífico superior do carvão vegetal. Para a densidade aparente, a *Myracrodruon urundeuva* com 0,59 g/cm<sup>3</sup> mostrou-se superior à *Leucaena leucocephala* com 0,39 g/cm<sup>3</sup>. Já a densidade verdadeira encontrada para a *Myracrodruon urundeuva* e a *Leucaena leucocephala* apresentaram valores semelhantes, com 1,21 g/cm<sup>3</sup> e 1,11 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Trugilho et al. (2001), avaliando diferentes clones de *Eucalyptos* para produção de carvão vegetal, encontraram resultados médios para densidade aparente do carvão variando entre 0,40 e 0,49 g/cm<sup>3</sup>. A densidade do carvão é uma propriedade física que está ligada à densidade da madeira, à temperatura e à velocidade de carbonização, devendo esta ser a maior possível (MENDES; GOMES; OLIVEIRA, 1982).

Os resultados encontrados para o poder calorífico do carvão (Tabela 2) não mostraram diferença significativa entre as duas espécies avaliadas, porém, numericamente, houve uma superioridade da *Leucaena leucocephala* (6.977,220 kcal/kg) sobre a *Myracrodruon urundeuva* (6.869,338 kcal/kg). A quantidade de energia bruta encontrada por Medeiros Neto et al. (2012) para a espécie *Handroanthus impertiginosus* (6977,400 kcal/kg) foi superior à da *Myracrodruon urundeuva* e semelhante à da *Leucaena leucocephala*. Já os valores obtidos para a *Poincianella pyramidalis* (6247,800 kcal/kg) foram inferiores aos das espécies citadas. A quantidade de energia liberada na combustão do carvão é uma propriedade relevante, a fim de substituir os combustíveis fósseis por carvão vegetal em sua utilização como fonte de energia (MENDES; GOMES; OLIVEIRA, 1982).

**Tabela 2** – Valores médios para análises físicas do carvão vegetal da *Myracrodruon urundeuva* e da *Leucaena leucocephala*

**Table 2** – Average values for physical analyzes of charcoal of *Myracrodruon urundeuva* and *Leucaena leucocephala*

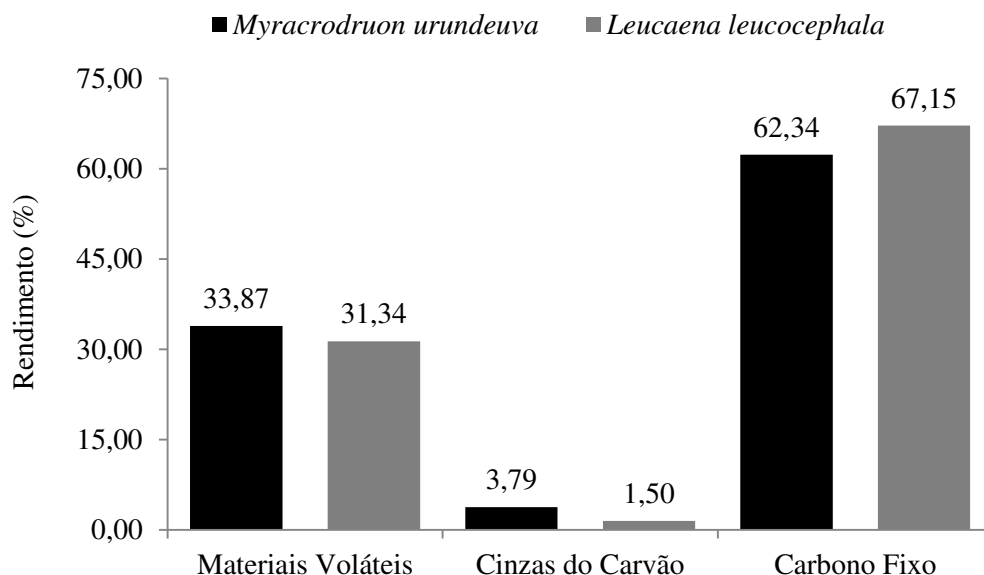
Espécie	Árvore	DA (g/cm <sup>3</sup> )	DV (g/cm <sup>3</sup> )	PCSC (kcal/kg)
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	1	0,58	1,23	6.764,666
	2	0,53	1,24	6.743,876
	3	0,52	1,23	6.822,370
	4	0,68	1,27	7.305,041
	5	0,65	1,11	6.710,737
<b>Médias</b>	—	<b>0,59a</b>	<b>1,21a</b>	<b>6.869,338a</b>
<i>Leucaena leucocephala</i>	1	0,37	0,93	6.897,227
	2	0,42	1,03	7.270,622
	3	0,37	1,20	7.060,532
	4	0,37	1,07	6.425,404
	5	0,41	1,30	7.232,317
<b>Médias</b>	—	<b>0,39b</b>	<b>1,11a</b>	<b>6.977,220a</b>
<b>QMRes</b>	—	<b>0,003</b>	<b>0,012</b>	<b>89.111,774</b>
<b>CV(%)</b>	—	<b>10,89</b>	<b>9,61</b>	<b>4,31</b>

DA (densidade aparente); DV (densidade verdadeira); QMRes (quadrado médio do resíduo); CV (coeficiente de variação). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste “F” ao nível de 5%.

O teor de materiais voláteis encontrado nas amostras de *Myracrodruon urundeuva* (33,87%) apresentou superioridade significativa, quando confrontados com as amostras da *Leucaena leucocephala* (31,34%) (Figura 2). A quantidade de cinzas deixada pela *Myracrodruon urundeuva* também foi superior à da *Leucaena leucocephala*: a primeira com 3,79% da amostra inicial e a segunda com 1,50%, resultando num teor de carbono fixo significativamente maior para a *Leucaena leucocephala* (67,15%) em relação à *Myracrodruon urundeuva* (62,34%). A quantidade de carbono fixo no carvão vegetal é uma propriedade relevante no setor produtivo de ferro gusa, em que o carvão vegetal é utilizado para liberar o carbono que será fundido ao ferro. Para espécies da Caatinga, Medeiros Neto et al. (2012) encontraram 67,68% de carbono fixo na *Handroanthus impertiginosus* e 60,58% na *Poincianella pyramidalis*.

Os percentuais encontrados para a *Myracrodruon urundeuva* e a *Leucaena leucocephala* de materiais voláteis e cinzas do carvão foram superiores aos encontrados por Botrel et al. (2007), em vários clones de *Eucalyptos*, porém apresentaram menores teores de carbono fixo. Os materiais voláteis liberados do carvão podem ser indesejados em alguns casos, principalmente em churrascarias, onde os assados podem ficar

impregnados com o cheiro desse material. A estrutura do carvão também é afetada pelos voláteis, pois a eliminação destes pode alterar bastante algumas características físicas do carvão, como porosidade, diâmetro dos poros e densidade do carvão (OLIVEIRA, 2003). As propriedades químicas do carvão, tais como teor de carbono fixo, teor de substâncias voláteis e cinzas, possuem relação com o teor de lignina da madeira, havendo, assim, uma relação diretamente proporcional entre o teor de carbono fixo e os teores de lignina, extrativos e densidade da madeira e inversamente proporcional com o teor de voláteis (OLIVEIRA et al., 2010). Assim, um carvão vegetal de melhor qualidade apresenta-se com alta densidade e resistência, baixas taxas de voláteis e cinzas (CARVÃO VEGETAL, 2008).



**Figura 2** – Análise química imediata do carvão vegetal da *Myracrodruon urundeuva* e da *Leucaena leucocephala*

**Figure 2** – Immediate chemical analyze of charcoal of *Myracrodruon urundeuva* and *Leucaena leucocephala*

## CONCLUSÕES

O rendimento em carvão, líquido pirolenhoso e gás não condensável obtido com o processo de carbonização da madeira da *Myracrodruon urundeuva* e da *Leucaena leucocephala* foi semelhante.

O carvão da *Myracrodruon urundeuva* apresentou densidade aparente superior à da *Leucaena leucocephala*, porém os valores médios da densidade verdadeira não foram diferentes entre si.

A *Myracrodruon urundeuva* obteve maiores teores de materiais voláteis e menor teor de carbono fixo em relação à *Leucaena leucocephala*.

O poder calorífico superior das espécies em estudo, *Myracrodruon urundeuva* e *Leucaena leucocephala*, foi semelhante estatisticamente, mas esta segunda apresentou quantitativamente uma maior produção de calor. Portanto, a *Leucaena leucocephala* pode ser utilizada para produção e utilização do carvão vegetal com a mesma eficiência das espécies nativas já conhecidas e usadas para os mesmos fins.

## AGRADECIMENTOS

A toda a equipe de trabalho do Laboratório de Energia do Setor de Tecnologia de Produtos Florestais (STPF) da UFCG, *Campus* de Patos-PB, bem como aos demais colaboradores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. M. C. **Avaliação anatômica, físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke e *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro.** 2010. 40p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2010.
- ALMEIDA, M. R.; REZENDE, A. E. A. O processo de carbonização contínua da madeira. In: PENEDO, W. R. (ed) **Produção e utilização de carvão vegetal.** Belo Horizonte, CETEC. p. 143-156. 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. Normas Técnicas NBR 8633. **Carvão vegetal: determinação do poder calorífico.** Brasília, 1984. n.p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. Normas Técnicas NBR 8112. **Carvão vegetal: análise imediata.** Brasília, 1986. n.p.
- BOTREL, M. C. G.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; SILVA, J. R. M. Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n. 3, p. 391-398, 2007.
- BRASIL. Manejo sustentável dos recursos florestais da Caatinga. **Ministério do Meio Ambiente/ Secretaria de Biodiversidade e Florestas/Departamento de Florestas.** Natal, 2008.
- BRASIL. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Uiraúna, estado da Paraíba. **Ministério de Minas e Energia/Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético/Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral/Programa Luz Para Todos/Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios/Serviço Geológico do Brasil/Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial.** Recife-PE, 2005. 10p.
- BRASIL. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Patos, estado da Paraíba. **Ministério de Minas e Energia/Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético/Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral/Programa Luz Para Todos/Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios/Serviço Geológico do Brasil/Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial.** Recife-PE, 2005. 10p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. 1039p.
- CARVÃO VEGETAL: Aspectos Técnicos, Sociais, Ambientais e Econômicos. NOTA TÉCNICA X. **Centro nacional de referência em biomassa.** 2008. Disponível em:  
<[http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/notatecnica\\_x.pdf](http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/notatecnica_x.pdf)> Acesso em 18 abr. 2013.
- DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J. *Leucena (Leucaena leucocephala)*: leguminosa de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. **Comunicado Técnico.** Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, n. 142, p. 1-8, 2010.
- FRANCO, A. A.; SOUTO, S. M. *Leucaena leucocephala* – uma leguminosa com múltiplas utilidades para os trópicos. **Comunicado Técnico.** Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, n. 2, p. 1-7, 1986.
- GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga.** Brasília. Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368p.
- MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades.** 1ª ed., São Paulo: D&Z, 2004. 413p.
- MEDEIROS NETO, P. N.; OLIVEIRA, E.; CALEGARI, L.; ALMEIDA, A. M. C.; PIMENTA, A. S.; CARNEIRO, A. C. O. Características físico-químicas e energéticas de duas espécies de ocorrência no semiárido brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 579-588, 2012.
- MENDES, M. G.; GOMES, P. A.; OLIVEIRA, J. B. O processo de carbonização contínua da madeira. In: PENEDO, W.R. (ed) **Propriedades e controle de qualidade do carvão vegetal.** Belo Horizonte, CETEC. p. 77-89. 1982
- OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. 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. 431-439, 2010.
- OLIVEIRA, E. **Características anatômicas, químicas e térmicas da madeira de três espécies de maior ocorrência no semiárido nordestino.** 2003. 122 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- OLIVEIRA, J. B.; GOMES, P. A.; ALMEIDA, M. R. Propriedades do carvão vegetal. In: PENEDO, W. R. (ed.) **Carvão vegetal: destilação, carvoejamento, controle de qualidade.** Belo Horizonte: CETEC. p. 39-61. 1982.
- OLIVEIRA, J. B.; VIVACQUA FILHO, A.; MENDES, M. G.; GOMES, P. A. Produção de Carvão Vegetal - aspectos técnicos. In: PENEDO, W.R. (ed) **Produção e utilização de carvão vegetal.** Belo Horizonte, CETEC. p. 61-73. 1982.



- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2013.
- TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A. L. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para produção de carvão vegetal. **Cerne**, v. 7, n. 2, p. 104-114, 2001.
- VALE, A. T.; DIAS, I. S.; SANTANA, M. A. E. Relações entre propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies de Cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 137-145, 2010.

---

---

## APÉNDICES

---

---



**APÊNDICE 1 – Corte das árvores**



**APÊNDICE 2 – Corpos-de-prova subdividido em cunhas**





**APÊNDICE 3 – Saturação das cunhas**



**APÊNDICE 4 – Determinação do volume saturado (método da balança hidrostática)**





**APÊNDICE 5 – Cavacos**



**APÊNDICE 6 – Palitos**





**APÊNDICE 7 – Moinho tipo Wiley**



**APÊNDICE 8 – Jogo de peneiras classificadas de 40/60 mesh**





**APÊNDICE 9 – Cadinho metálico**



**APÊNDICE 10 – Forno elétrico (mufla) acoplado a um condensador**





**APÊNDICE 11 – Forno elétrico (mufla), cadinho metálico e condensador**



**APÊNDICE 12 – Carbonização da madeira e coleta do líquido pirolenhoso**





**APÊNDICE 13 – Carvão e líquido pirolenhoso**



**APÊNDICE 14 – Determinação da densidade aparente do carvão**





**APÊNDICE 15 – Determinação da densidade verdadeira do carvão**



**APÊNDICE 16 – Extrativos totais (extrator tipo Soxhlet)**





**APÊNDICE 15 – Análise química imediata do carvão**



**APÊNDICE 16 – Dessecador de vidro**

---

---

**ANEXOS**

---

---

## **NORMAS DE PUBLICAÇÃO**

### **Escopo e política**

A Revista *Árvore* é um veículo de divulgação científica publicado pela Sociedade de Investigações Florestais – SIF (CNPJ 18.134.689/0001-80). Publica, bimestralmente, artigos originais de contribuição científica, no campo da Ciência Florestal, como: Meio Ambiente e Conservação da Natureza, Silvicultura, Utilização de Produtos Florestais e Manejo Florestal.

Os artigos submetidos à publicação na Revista *Árvore* são avaliados inicialmente pelo Editor Executivo, que verificará se encontram de acordo com as normas de submissão. Caso estejam de acordo, os artigos serão enviados aos Editores de Seção, que avaliam se enquadram no escopo da Revista *Árvore* e se apresentam mérito para publicação.

Depois de os manuscritos terem sido analisados pelos editores, eles poderão ser devolvidos ao(s) autor(es) para adequações às normas da Revista ou, simplesmente, negados por falta de mérito ou escopo. Quando aprovado pelos editores, o manuscrito será encaminhado para três avaliadores, que emitirão pareceres científicos. Caberá ao(s) autor(es) atender às sugestões e recomendações dos avaliadores; caso não possa(m) atender na sua totalidade, deverá(ão) justificar ao Comitê/Equipe Editorial da Revista. Após as correções, os artigos podem retornar aos avaliadores para emissão do parecer final. Logo após, o manuscrito passará pela reunião do Comitê/Equipe Editorial, sendo aprovado, descartado ou retornado ao(s) autor(es) para mais correções. Uma vez aceito, o trabalho é encaminhado para revisão de texto e de referências. Após diagramação, o texto é submetido a correções finais pelos autores e avaliação final pelo Comitê/Equipe Editorial.

Os manuscritos submetidos à Revista devem contribuir para o avanço do conhecimento científico e não terem sido publicados ou encaminhados simultaneamente para outro periódico com a mesma finalidade. Serão recebidos para análise manuscritos escritos em português, inglês ou espanhol considerando-se que a redação deve estar de acordo com a lexicologia e a sintaxe do idioma escolhido. A objetividade é o princípio básico para a

elaboração dos manuscritos, resultando em artigos de acordo com os limites estabelecidos pela Revista.

### **Política editorial**

Manter elevada conduta ética em relação à publicação e seus colaboradores; rigor com a qualidade dos artigos científicos a serem publicados; selecionar revisores capacitados e ecléticos com educação ética e respeito profissional aos autores e ser imparcial nos processos decisórios, procurando fazer críticas sempre construtivas e profissionais.

### **Público Alvo**

Comunidade, nacional e internacional, de professores, pesquisadores, estudantes de pós-graduação e profissionais dos setores públicos e privado da área de Ciência Florestal.

### **Forma e preparação de manuscritos**

- O conteúdo e as opiniões apresentadas nos trabalhos publicados não são de responsabilidade desta revista e não representam necessariamente as opiniões da Sociedade de Investigações Florestais (SIF), sendo o autor do artigo responsável pelo conteúdo científico do mesmo.

- Ao submeter um artigo, o(s) autor(es) deve(m) concordar(em) que seu copyright seja transferido à Sociedade de Investigações Florestais - SIF, se e quando o artigo for aceito para publicação.

### **Primeira Etapa (exigida para submissão do Manuscrito)**

Submeter os artigos somente em formatos compatíveis com Microsoft-Word. O sistema aceita arquivos até 10MB de tamanho.

O Manuscrito deverá apresentar as seguintes características: espaço 1,5; papel A4 (210 x 297 mm), enumerando-se todas as páginas e as linhas do texto, páginas com margens superior, inferior, esquerda e direita de 2,5 cm; fonte Times New Roman 12; e conter no máximo 16 laudas, incluindo tabelas e figuras. Tabelas e figuras devem ser limitadas a 5 no conjunto.

Na primeira página deverá conter o título do manuscrito, o resumo e as três (3) Palavras-Chaves.

Não se menciona os nomes dos autores e o rodapé com as informações, para evitar a identificação dos mesmos pelos avaliadores.

Nos Manuscritos em português, os títulos de tabelas e figuras deverão ser escritos também em inglês; e Manuscritos em espanhol ou em inglês, os títulos de tabelas e figuras deverão ser escritos também em português. As tabelas e as figuras devem ser apresentadas ao final do texto, numeradas com algarismos arábicos consecutivos junto as legendas, e sua localização aproximada deve ser indicada no texto com uma chamada entre dois parágrafos: Entra Figura 1; Entra Tabela 3. Os títulos das figuras deverão aparecer na sua parte inferior antecidos da palavra Figura mais o seu número de ordem. Os títulos das tabelas deverão aparecer na parte superior e antecidos da palavra tabela seguida do seu número de ordem. Na figura, a fonte (Fonte:) deve aparecer na parte superior, na tabela, na parte inferior. As figuras deverão estar exclusivamente em tons de cinza e, no caso de coloridas, será cobrada a importância de R\$100,00/página, para versão impressa.

## **FORMA DOS MANUSCRITOS**

### **O Manuscrito em PORTUGUÊS deverá seguir a seguinte sequência:**

TÍTULO em português; RESUMO (seguido de Palavras-chave não incluindo palavras do título); TÍTULO em inglês; ABSTRACT (seguido de Keywords não incluindo palavras do título); 1. INTRODUÇÃO (incluindo revisão de literatura e o objetivo); 2. MATERIAL E MÉTODOS; 3. RESULTADOS; 4. DISCUSSÃO; 5. CONCLUSÃO; 6. AGRADECIMENTOS (se for o caso) e 7. REFERÊNCIAS (alinhadas à esquerda e somente as citadas no texto).

### **O manuscrito em INGLÊS deverá obedecer à seguinte sequência:**

TÍTULO em inglês; ABSTRACT (seguido de Keywords não incluindo palavras do título); TÍTULO em português; RESUMO (seguido de Palavras-chave não incluindo palavras do título); 1. INTRODUCTION (incluindo revisão de literatura e o objetivo); 2. MATERIAL AND METHODS, 3. RESULTS; 4. DISCUSSION; 5. CONCLUSION; 6.

ACKNOWLEDGEMENT (se for o caso) e 7. REFERENCES (alinhadas à esquerda e somente as citadas no texto).

**O manuscrito em ESPANHOL deverá obedecer à seguinte sequência:**

TÍTULO em espanhol; RESUMEN (seguido de Palabras-clave não incluindo palavras do título); TÍTULO do manuscrito em Português; RESUMO em Português (seguido de palavras-chave não incluindo palavras do título); 1. INTRODUCCIÓN (incluindo revisão de literatura e objetivo); 2. MATERIALES Y METODOS; 3. RESULTADOS; 4. DISCUSIÓN; 5. CONCLUSIÓN; 6. RECONOCIMIENTO (se for o caso) e 7. REFERENCIAS (alinhadas à esquerda e somente as citadas no texto).

No caso das línguas estrangeiras, será necessária a declaração de revisão lingüística de um especialista.

Os subtítulos, quando se fizerem necessários, serão escritos com letras iniciais maiúsculas, antecidos de dois números arábicos colocados em posição de início de parágrafo.

No texto, a citação de referências bibliográficas deverá ser feita da seguinte forma: colocar o sobrenome do autor citado com apenas a primeira letra maiúscula, seguido do ano entre parênteses, quando o autor fizer parte do texto. Quando o autor não fizer parte do texto, colocar, entre parênteses, o sobrenome, em maiúsculas, seguido do ano separado por vírgula. As referências bibliográficas utilizadas deverão ser preferencialmente de periódicos nacionais ou internacionais de níveis A/B do Qualis. A Revista *Árvore* adota as normas vigentes da ABNT 2002 - NBR 6023.

Não se usa "et al." em itálico e o "&" deverá ser substituído pelo "e" entre os autores.

A Introdução deve ser curta, definindo o problema estudado, sintetizando sua importância e destacando as lacunas do conhecimento ("estado da arte") que serão abordadas no artigo. Os Métodos empregados a população estudada, a fonte de dados e critérios de seleção, dentre outros, devem ser descritos de forma compreensiva e completa, mas sem prolixidade. A seção de Resultados devem se limitar a descrever os resultados encontrados sem incluir interpretações/comparações. O texto deve complementar e não repetir o que está descrito em tabelas e figuras. A Discussão deve começar apreciando as limitações do estudo (quando for o caso), seguida da comparação com a literatura e da interpretação dos autores, extraindo as conclusões e indicando os caminhos para novas pesquisas. O resumo deverá ser do tipo informativo, expondo os pontos relevantes do texto relacionados com os objetivos, a



metodologia, os resultados e as conclusões, devendo ser compostos de uma seqüência corrente de frases e conter, no máximo, 250 palavras. (ABNT-6028).

Para submeter um Manuscrito à Revista, o(s) autor(es) deverá(ão) entrar no site <[www.revistaarvore.ufv.br](http://www.revistaarvore.ufv.br)> e clicar no link “**Submissão de Artigos**”.

### ***Copyright***

***Ao submeter um artigo, o(s) autor(es) deve(m) concordar(em) que seu copyright seja transferido à Sociedade de Investigações Florestais - SIF, se e quando o artigo for aceito para publicação***

O conteúdo e as opiniões apresentadas nos trabalhos publicados não são de responsabilidade desta revista e não representam necessariamente as opiniões da Sociedade de Investigações Florestais (SIF), sendo o autor do artigo responsável pelo conteúdo científico do mesmo.



## **DIRETRIZES PARA AUTORES**

1. A revista CIÊNCIA FLORESTAL publica artigos técnico-científicos inéditos, resultantes de pesquisa de interesse da área florestal. Também são aceitas notas técnicas e artigos de revisão. Os textos podem ser redigidos em português, inglês ou espanhol.

2. Para submeter um trabalho para publicação são cobrados os seguintes valores:

§1Taxa de submissão: R\$50,00 (cinquenta reais). O pagamento dessa taxa não garante a publicação do trabalho.

§2Taxa de publicação: R\$250,00 (duzentos e cinquenta reais). Esse valor deve ser recolhido somente após o aceite do trabalho.

Os valores devem ser depositados na conta corrente n. 220611-0, da agência do Banco do Brasil n. 1484-2. O comprovante do depósito da taxa de submissão deverá ser enviado juntamente com o trabalho. O comprovante da taxa de publicação deverá ser enviado a CIÊNCIA FLORESTAL, por fax (55-3220.8444/22) ou e-mail ([cienciaflorestal@ufsm.br](mailto:cienciaflorestal@ufsm.br)), informando o nome do trabalho ao qual se refere o depósito. Os valores depositados não serão devolvidos.

3. Os manuscritos devem ser encaminhados à revista via online por meio da PLATAFORMA SEER. O autor que cadastra o artigo assume a responsabilidade pelas informações, que os demais autores estão de acordo com submissão e que o artigo é inédito. Os conceitos e afirmações emitidas no artigo são de exclusiva responsabilidade dos autores. Contudo, o Conselho Editorial reserva-se o direito de solicitar ou sugerir modificações no texto original.

4. Os artigos devem ser organizados na seguinte sequência:

4.1. Artigo científico e nota técnica: Título, Resumo, Introdução com Revisão de Literatura, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos e Referências Bibliográficas. Antes do item Referências Bibliográficas, quando apropriado, mencionar a aprovação pela Comissão de Ética e Biossegurança da Instituição.

4.2. Artigo de revisão bibliográfica: Título, Resumo, Introdução, Desenvolvimento, Considerações finais, Agradecimentos e Referências Bibliográficas.

5. O manuscrito deve ser editado no Microsoft Word, com espaço simples, linhas numeradas continuamente e sem os nomes dos autores, fonte Times New Roman, tamanho 11, tabulação de 1,25 cm, formato A4, com 2 cm de margens esquerda, inferior e superior, e 1,5 cm de margem direita, orientação retrato e máximo de 12 páginas.

6. O Título do manuscrito, com no máximo duas linhas, deve ser centralizado e em negrito, com letras maiúsculas, redigido em português ou espanhol, seguido da versão em inglês.

7. O Resumo deve ser apresentado em um único parágrafo e redigido em dois idiomas, sendo um deles o inglês. As palavras RESUMO e ABSTRACT devem ser redigidos em letras maiúsculas e centralizados.

8. Logo após o texto do Resumo e do Abstract devem ser incluídos os termos Palavras-chave e Keywords, respectivamente, com alinhamento à esquerda, contendo até quatro termos, separados por ponto e vírgula.

9. Os grandes itens devem ser escritos em letras maiúsculas, alinhados à esquerda. Os demais itens devem obedecer à seqüência exemplificada a seguir:

**MATERIAL E MÉTODO** - (item primário) - todo em maiúsculas e negrito.

**Caracterização do local** - (item secundário) - só a inicial maiúscula e em negrito.

***Solo*** - (item terciário) - só a inicial maiúscula, em negrito e itálico.

***Horizonte A*** - (item quaternário) - só a inicial maiúscula, em itálico.

10. As siglas e abreviaturas, ao aparecerem pela primeira vez no trabalho, deverão ser colocadas entre parênteses, precedidas do nome por extenso.

11. Figuras (gráficos e fotografias), com resolução mínima de 300dpi, devem ser em preto-e-branco, sem-sombreamento e contorno. As dimensões (largura e altura) não podem ser maiores que 17 cm, sempre com orientação da página na forma retrato (fonte: Times New Roman, tamanho da fonte: 11, não-negrito e não-itálico).

12. As figuras e tabelas devem ser auto-explicativas e alocadas no texto logo após sua primeira chamada. A identificação das mesmas deve ser expressa em dois idiomas, sendo um deles o inglês. As tabelas devem ser produzidas em editor de texto (Word) e não podem ser inseridas no texto como figuras. Para tabelas com conteúdo numérico, as vírgulas devem ficar alinhadas verticalmente e os números centralizados na coluna.

13. Nomes científicos devem ser escritos por extenso (Ex: *Araucaria angustifolia*) e em itálico.

14. Fórmulas editadas pelo módulo Equation Editor, do Microsoft Word, devem obedecer à fonte do texto, com símbolos, subscrito/sobrescrito etc., em proporções adequadas.

15. Citações bibliográficas serão feitas de acordo com a NBR 10520 da ABNT, usando o sistema "autor-data". Todas as citações mencionadas no texto devem ser relacionadas na lista de Referências Bibliográficas, de acordo com a norma NBR 6023 da ABNT.

16. Na versão final do artigo o autor deve inserir os nomes dos co-autores, posicionados logo abaixo do título em inglês, e identificados com número seqüencial sobrescrito. O chamamento dos autores deve ser indicado no rodapé da primeira página, antecedido do número de identificação.

17. Os manuscritos submetidos à revista passam pela triagem inicial do comitê de área, são enviados para revisores ad hoc, devolvidos aos autores para correções e, posteriormente, passam pela avaliação final do Conselho Editorial. Os artigos aceitos são publicados preferencialmente na ordem de aprovação e os não-aceitos são comunicados aos autores. Não são fornecidas separatas. Os artigos estão disponíveis, no formato "pdf", no endereço eletrônico da revista ([www.ufsm.br/cienciaflorestal](http://www.ufsm.br/cienciaflorestal)).

18. Em caso de dúvidas, consultar os artigos já publicados ou o Conselho Editorial no e-mail [cienciaflorestal@ufsm.br](mailto:cienciaflorestal@ufsm.br).

### **AUTOR CUIDADO!**

Ao receber o trabalho para ajustes, **NÃO POSTE O TRABALHO COMO UM NOVO TRABALHO** e sim vá até **AVALIAÇÃO** (Versão do Autor, Procurar e Transferir) e poste o arquivo corrigido lá. Para postar como um novo trabalho tem que ter a **AUTORIZAÇÃO** do Editor, solicitado pelo e-mail [cienciaflorestal@ufsm.br](mailto:cienciaflorestal@ufsm.br), informando o nome completo do trabalho, senão o trabalho fica duplicado no sistema.

### **CONDIÇÕES PARA SUBMISSÃO**

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

\*A contribuição é original e inédita, e **NÃO** está sendo avaliada para publicação por outra revista.

\*Os arquivos para submissão estão em formato Microsoft Word (DOC ou RTF), não ultrapassando os 2MB.

\*O texto do trabalho deve estar conforme as NORMAS da revista (em espaço simples, com linhas numeradas de forma continuada, fonte 11 Time New Roman, empregando itálico em vez de sublinhado (exceto em endereços URL), Figuras e Tabelas inseridas no texto (logo após o seu chamamento - Figuras em alta resolução, com no mínimo 300 dpi - formato JPEG, RGB ou EXCEL). Leia demais instruções nas NORMAS. Os trabalhos não devem exceder as 12 páginas em espaço simples. ATENÇÃO: trabalhos fora das NORMAS serão devolvidos.

\*O item 2, §1 das NORMAS foi cumprido? (recolhimento da Taxa de Submissão no valor de R\$50,00 - cinquenta reais - CC 220.611-0, Ag. BB 1484-2, conta do Projeto da revista junto a Fundação). O recibo deve ser enviado com ARQUIVO "Documento Suplementar", logo após o envio do arquivo contendo o trabalho, com o nome COMPROVANTE (através da digitalização do Recibo de Depósito Bancário ou de Transferência, no formato JPG, PDF, BMP, GIF ou JPEG).

\*O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em Diretrizes para Autores (NORMAS), na seção SOBRE - Submissões.

\*A identificação de autoria do trabalho foi removida do arquivo e da opção Propriedades no Word (CUIDADO: verifique as partes em negrito), garantindo desta forma o critério de sigilo da revista, caso submetido para avaliação por pares (ex.: artigos), conforme instruções disponíveis em Assegurando a Avaliação Cega por Pares.

## **DECLARAÇÃO DE DIREITO AUTORAL**

A CIÊNCIA FLORESTAL se reserva o direito de efetuar, nos originais, alterações de ordem normativa, ortográfica e gramatical, com vistas a manter o padrão culto da língua, respeitando, porém, o estilo dos autores.

As provas finais poderão ou não ser enviadas ao autor.

Os trabalhos publicados passam a ser propriedade da revista CIÊNCIA FLORESTAL, sendo permitida a reprodução parcial ou total dos trabalhos, desde que a fonte seja citada. Os originais não serão devolvidos aos autores.

As opiniões emitidas pelos autores dos trabalhos são de sua exclusiva responsabilidade.

Cada autor receberá um exemplar da revista.

## **POLÍTICA DE PRIVACIDADE**

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.