

BRUNO COELHO DE BARROS

**VOLUMETRIA, CALORIMETRIA E FIXAÇÃO DE CARBONO EM
FLORESTAS PLANTADAS COM ESPÉCIES EXÓTICAS E NATIVAS
USADAS COMO FONTE ENERGÉTICA NO POLO GESSEIRO DO
ARARIPE-PE**

**RECIFE – PE
FEVEREIRO - 2009**

BRUNO COELHO DE BARROS

**VOLUMETRIA, CALORIMETRIA E FIXAÇÃO DE CARBONO EM
FLORESTAS PLANTADAS COM ESPÉCIES EXÓTICAS E NATIVAS
USADAS COMO FONTE ENERGÉTICA NO POLO GESSEIRO DO
ARARIPE-PE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais para obtenção de Título de Mestre, Área de Concentração: Manejo Florestal.

ORIENTADOR:

Prof. Ph.D. José Antônio Aleixo da Silva

CO-ORIENTADOR:

Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira

**RECIFE – PE
FEVEREIRO - 2009**

FICHA CATALOGRÁFICA

B277p Barros, Bruno Coelho de
Volumetria, calorimetria e fixação de carbono em flores -
tas plantadas com espécies exóticas e nativas usadas como
fonte energética no Polo Gesseiro do Araripe – PE / Bruno
Coelho de Barros. -- 2009.
65 f. : il.

Orientador : José Antônio Aleixo da Silva
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Univer –
sidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de
Ciências Florestais.
Inclui bibliografia.

CDD 634.98

1. Espécies nativas
 2. Manejo florestal
 3. Espécies exóticas
 4. Gesso
 5. Volume
 6. Peso
 7. Carbono
 8. Cubagem
 9. Araripe (PE)
- I. Silva, José Antonio Aleixo da
II. Título

BRUNO COELHO DE BARROS

**VOLUMETRIA, CALORIMETRIA E FIXAÇÃO DE CARBONO EM
FLORESTAS PLANTADAS COM ESPÉCIES EXÓTICAS E NATIVAS
USADAS COMO FONTE ENERGÉTICA NO POLO GESSEIRO DO
ARARIPE-PE**

APROVADA EM: 16.02.2009

Banca examinadora:

Dr. Iêdo Bezerra Sá (CPATSA/EMBRAPA)

Profº Dr. Ivan Vieira de Melo (UFPE)

Profº Dr. Marco Antônio Amaral Passos (UFRPE)

Orientador:

Profº Dr. José Antônio Aleixo da Silva

**RECIFE – PE
FEVEREIRO - 2009**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais, Haroldo e Ana Maria, à minha irmã Byanka e às forças divinas que regem o universo.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer a Deus e a todos os nossos protetores divinos.

Em segundo plano, vem minha família, especialmente, a meu pai Haroldo de Barros, a minha mãe Ana Coelho e a minha irmã Byanka Barros. Quero deixar minha gratidão familiar, também, a minha tia Marlene e a meus primos Guilherme e Flávia, ambos dão o maior apoio a meus estudos e à minha estadia pernambucana. A meu amor Ana Clara, que foi um dos maiores apoios que tive no curso em todos os caminhos que percorri.

Também agradeço a meus colegas de Universidade que conviveram comigo desde o início dos estudos e me acompanham diariamente, em especial Klebson Menezes, Samuel Gedeão, Edmilson Sacre, Jeferson Santos, Lidiane Alencar, Tarcísio Alves, Lucineide Teixeira, Zé Serafim e Wagner Barata.

A todos os professores do Departamento de Ciência Florestal da UFRPE, pelos conhecimentos transferidos desde os tempos de graduação; ao Prof. Levi e Júlio do Laboratório de Química Vegetal pelo apoio no trabalho.

Ao Professor José Antônio Aleixo da Silva, pela orientação de grande valia neste trabalho.

Das maiores valias, ficam os mais sinceros agradecimentos a todos que me acompanharam no IPA: Zé Tavares, Sinval, Leonildo, Nô, Miguelzim e D. Rita; no Gesso Aliança, nas pessoas de Emanuel, Amauri, Aurílio, Geraldo e demais funcionários que contribuíram na participação do trabalho e a Charles Barros, Alex, Cícero, Sebastião, Luiz e Francisco, pelo apoio no trabalho na Chapada.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

Muito obrigado mesmo a todos os que contribuíram de alguma forma e que transmitiram conhecimentos e força tão essenciais para a minha formação acadêmica.

Ofereço, portanto, esse trabalho a todos que me deram força e coragem para cursar esta nova etapa em minha vida que é a Pós-graduação em Ciências Florestais.

"Em cada passo da vida há perigos... mas é a sensação de passar por eles que significa a liberdade."

Walter Grando

SUMÁRIO

RESUMO-----	11
ABSTRACT-----	12
INTRODUÇÃO-----	13
2. REVISÃO DE LITERATURA -----	15
2.1. Chapada do Araripe -----	15
2.2. Polo Gesseiro -----	16
2.3. Fontes Energéticas -----	18
2.4. Crescimento Florestal-----	19
2.5. Volume-----	21
2.6. Densidade da madeira-----	22
2.7. Fixação de Carbono-----	23
2.8. Espécies com potencialidades energéticas -----	25
3. MATERIAL E MÉTODOS -----	26
3.1. Área de estudo-----	26
3.2. Delineamento experimental -----	28
3.3. Coleta de dados do experimento -----	29
3.4. Estatística descritiva -----	30
3.5. Sobrevivência -----	31
3.6. Determinação dos volumes -----	31
3.7. Determinação do peso - Kg -----	33
3.8. Determinação da densidade da madeira do fuste-----	33
3.9. Determinação do teor de carbono total -----	34
3.10. Combustão da madeira -----	34
3.11. Análise estatística -----	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	36
4.1. Análise descritiva do experimento-----	36
4.2. Sobrevivência -----	38
4.3. Volume-----	40
4.4. Peso -----	44
4.5. Densidade-----	45
4.6. Teor de carbono-----	50
4.6.5. Fixação de carbono pelo fuste -----	54
4.7. Calorimetria-----	55
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS -----	56
6. CONCLUSÃO -----	58
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	58

BARROS, BRUNO COELHO DE. Volumetria, calorimetria e fixação de carbono em florestas plantadas com espécies exóticas e nativas usadas como fonte energética no Polo Gesseiro do Araripe-PE. 2009. Orientador: José Antônio Aleixo da Silva. Co-orientador: Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira.

RESUMO

Nos setores industriais e comerciais da Região do Araripe, em Pernambuco, a utilização de combustíveis lenhosos está dirigida principalmente aos processos de calcinação da gipsita e produção de gesso em suas diferentes tecnologias. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo buscar alternativas para suprir a demanda por lenha no Polo Gesseiro do Araripe pernambucano, por meio da implantação de povoamentos florestais com espécies nativas e exóticas. O experimento foi instalado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, utilizando nove espécies, entre nativas e exóticas: (Imburana - *Amburana cearense* (Allemão) A.C. Sm.; Angico - *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul; Jurema - *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.; Sabiá - *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.; Acácia - *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby; Leucena - *Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit.; Algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw.) D.C.; Ipês - *Tabebuia sp.1* e *Tabebuia sp.2*), em um delineamento inteiramente casualizado com diferentes números de repetições. Foram avaliados os seguintes parâmetros: sobrevivência, volume em metro cúbico - m³ e em metro estéreo - st, peso - kg, densidade do fuste, teor de carbono do fuste, fixação de carbono do fuste e calorimetria. Para o volume em st, o Sabiá e a Jurema apresentaram os melhores resultados. Com relação ao volume em m³, o Sabiá foi o mais produtivo. O Sabiá e a Jurema foram às espécies mais pesadas. A Jurema obteve a maior densidade do fuste, seguida do Sabiá e da Algaroba. No que se refere ao teor de carbono do fuste em porcentagem, a Jurema, a Imburana e o Sabiá apresentaram os maiores valores. A Jurema e o Sabiá fixaram as maiores quantidades de carbono no fuste em toneladas por hectare, devido a possuírem os maiores volumes médios por árvore e o Sabiá e a Jurema são as espécies com melhor eficiência em produção de calor para os fornos de calcinação da gipsita. Dessa forma, o Sabiá e a Jurema são as espécies mais

indicadas para a produção de lenha em plantios comerciais homogêneos na Chapada do Araripe em Pernambuco.

BARROS, BRUNO COELHO DE. Volumetry, calorimetry and carbon fixation in forests planted with exotic and native species used as energy source in the Gypsum Pole of Araripe -PE. 2009. Adviser: José Antônio Aleixo da Silva. Co-adviser: Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira.

ABSTRACT

In the industrial and commercial sectors of the Araripe Region in Pernambuco, the use of fire wood is mainly directed to the processes of calcination and production of gypsum in different technologies. Thus, this study aimed to find alternatives to supply the demand of firewood in the Gypsum Pole of Araripe in Pernambuco through the implementation of the forest with native and exotic species. The experiment was installed at the Experimental Station of the Agronomic Institute of Pernambuco - IPA, using nine species, among native and exotic: (Imburana - *Amburana cearense* (Allemão) A.C. Sm.; Angico - *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul; Jurema - *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.; Sabiá - *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.; Acácia - *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby; Leucena - *Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit.; Algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw.) D.C.; Ipês - *Tabebuia sp.1 e Tabebuia sp.2*) in a completely randomized design with different number of replications. The following parameters were evaluated: survival, volume in cubic meter - m³ and stereo meters - st, weight - kg, density of the stem, the carbon shaft of stem, carbon fixation of stem and calorimetry. For the volume in st Sabiá and Jurema presented the best results. With regard to the volume in m³ Sabia was the most productive. Jurema and Sabiá were heavier species. The Jurema had the highest density of stem, followed by Sabiá and Algaroba. Regarding the carbon content in percentage Jurema, Imburana and Sabiá had the highest values. Jurema and Sabiá had the largest amounts of carbon fixed in stem in tonners per hectare due to have the highest average volume per tree and Sabiá and Jurema were the species with better efficiency in production of heat in the process of dehydration of gypsum. Thus,

Sabiá and Jurema are the species indicated for the production of wood in homogeneous commercial plantations in the Chapada Araripe in Pernambuco.

INTRODUÇÃO

Segundo Rizzini (1997), xerófitos são vegetais que habitam ambientes secos. Durante o período de seca, no qual a estação é bem definida, as plantas apresentam deciduidade foliar, mecanismo adaptado a essas condições. Esse tipo de vegetação se encontra presente na Caatinga. A intensidade da perda de folhas depende da severidade da seca e da água armazenada no solo. Geralmente, as chuvas são abundantes, seguidas de estiagem por um período de 4-6 meses.

O clima na área de ocorrência da Caatinga varia de semi-árido a sub-úmido seco. As precipitações ocorrem em uma amplitude entre 250 a 900 mm, distribuídas de forma irregular. As temperaturas médias anuais são elevadas, 26 °C a 29 °C, e a insolação média é de 2.800 horas/ano. A umidade relativa do ar é por volta de 50%, com evaporação em torno de 2.000 mm por ano (ALVES, 2007).

Nesse contexto de matas secas, destaca-se o complexo do bioma Caatinga, abrangendo os estados de PE, BA, RN, CE, PB, PI, AL, SE e MG, onde prevalece à dominância de vegetação formada por arvoretas e arbustos que muitas vezes bifurcam desde a base, são decíduos durante a seca e, frequentemente, providos de espinhos ou acúleos, como as cactáceas e bromeliáceas. Possuem ainda muitos ramos secos e duros, mais ou menos espiniformes, produtos de uma ramificação que se lignifica rapidamente e precocemente. As folhas em geral são pequenas ou compostas, funcionando como mecanismo para evitar a perda de água por transpiração na estação seca (RIZZINI, 1997).

No Nordeste Brasileiro a Caatinga ocupa uma área de 1.037.517,80 Km², correspondendo à 70% dessa Região e a 13% do território brasileiro (ALVES, 2007).

A vegetação lenhosa da caatinga é historicamente uma das fontes de energia mais utilizadas pela população nordestina, sendo a lenha e o carvão os

principais materiais demandados tanto no semi-árido quanto para a zona da mata (FIGUEIRÔA et al., 2005).

O uso da lenha no Nordeste ocorre desde o início da colonização, e vem sendo cada vez mais intenso, aumentando constantemente a pressão sobre os recursos florestais naturais. O aumento da população, perante a urbanização, a expansão das fronteiras agropecuárias e da indústria são os maiores agravantes (FIGUEIRÔA et al., 2005).

A demanda de madeira de florestas nativas é em torno de 75%, destinadas à geração de energia em forma de lenha ou carvão. Essa grande demanda, faz com que a procura por madeira de floresta plantada seja crescente nos últimos tempos, refletindo assim no acréscimo da produção de carvão proveniente dessa fonte, mesmo que incipiente (CARVALHO et al., 2005).

Com a crise mundial do petróleo, a partir de 1974, por decisão governamental, alguns setores industriais tiveram que buscar fontes alternativas de energia, concentrando-se na biomassa. Assim, a lenha e o carvão passaram a ser as fontes mais importantes de energia primária também para a indústria (BENEVIDES, 2003).

Segundo Campello et al. (1999) em Pernambuco nos anos 90 o consumo anual de biomassa para fins energéticos foi de $12,1 \cdot 10^6$ st, sendo que desse total $3,2 \cdot 10^6$ st foi destinado ao setor industrial e comercial.

O principal consumidor de energéticos florestais é o Polo Gesseiro do Araripe – PE, localizado no extremo oeste do estado. A lenha é a principal fonte de energia para as empresas da região, porém 94% dela é extraída sem manejo. O consumo de lenha pelas empresas do Polo é em torno de 1,6 milhão de metro estéreo (st). A região toda consome, anualmente, 1,9 milhões de metros estéreos (st) de lenha, que é usada como fonte de energia em casas de farinha, padarias e restaurantes, entre outros (PNUD, 2007; SÁ et al., 2007).

Aliada a essa demanda, é essencial o desenvolvimento de pesquisas científicas voltadas para espécies florestais nativas e exóticas, com potencial em plantios homogêneos, pois existe uma carência de trabalhos quanto às florestas plantadas, necessitando assim de maiores esforços para se obter informações a

fim de fornecer subsídios à produção de lenha de espécies florestais nativas ou exóticas, que são pouco utilizadas em plantios comerciais no Nordeste do Brasil.

Por outro lado, as florestas, de uma forma geral, são de grande importância para o equilíbrio do estoque de carbono global por constituírem fonte de armazenamento, tanto nas árvores quanto no solo (ALVES, 2006).

Estudos voltados para a implantação florestal com espécies de potencial econômico e silvicultural são de grande importância, uma vez que atendem a demanda por produtos lenhosos, principalmente no setor industrial, favorecendo a preservação e conservação de remanescentes de florestas nativas ameaçadas e propiciando o seu uso para outras fontes de pesquisas medicinais, faunísticas, florísticas, entre outras.

Desta forma, o presente estudo teve como objetivo buscar alternativas para suprir a demanda por lenha no Polo Gesseiro do Araripe pernambucano, por meio da implantação de povoamentos florestais com espécies nativas e exóticas, tendo como objetivos específicos, avaliar a sobrevivência, a volumetria, o peso, a densidade do fuste, o teor de carbono do fuste, a fixação de carbono e o poder calorífico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Chapada do Araripe

Segundo dados do IBGE (BRASIL, 2006), a Chapada do Araripe tem sua localização geográfica no Nordeste brasileiro, sendo formada por 88 municípios (25 no Ceará; 46 no Piauí e 17 em Pernambuco), totalizando uma área de 71.672,1 km² e uma população de um milhão e meio de habitantes.

A Região da Chapada do Araripe, em Pernambuco, é constituída pelos Municípios de Araripina, Bodocó, Cedro, Dormentes, Exu, Granito, Ipubi, Moreilândia, Ouricuri, Parnamirim, Santa Cruz, Santa Filomena, Serrita, Terra Nova e Trindade. A precipitação média anual é próxima a 800 mm. O relevo varia de plano, suavemente ondulado, ondulado, fortemente ondulado e escarpado. Os

solos encontrados são os latossolos, os brunos não-cálcicos e os podzólicos, esses também os mais propícios para plantios comerciais (FUPEF, 2007).

No Araripe, extremo oeste de Pernambuco, está concentrada as maiores reservas de gipsita exploráveis do Brasil e a segunda maior do mundo. A gipsita é um mineral não metálico composto basicamente de sulfato de cálcio hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) do qual, por meio da calcinação, é produzido o gesso (FUPEF, 2007).

A vegetação predominante da Chapada do Araripe é a Caatinga e apresenta enclaves de Cerrado, Carrasco, Floresta Ombrófila e Estacional (FUPEF, 2007).

2.2. Polo Gesseiro

O Polo Gesseiro de Pernambuco é formado pelos municípios de Araripina, Trindade, Ipubi, Bodocó e Ouricuri.

Essas cidades estão a uma altitude entre 380 a 920 m, tem precipitação de 500 a 950 mm, umidade relativa em torno de 60% e possuem os solos Latossolos, Podzólicos vermelhos e amarelos e Neossolos litólicos (SÁ et al., 2007).

Com uma produção estimada em 1.452.198.000 toneladas, o Brasil tem destaque no cenário mundial em reservas de gipsita. Dentre os estados que mais se destacam, a Bahia (44%), Pará (31%) e Pernambuco (18%), somam 93% das reservas nacionais, estando o restante distribuídos entre os estados do Maranhão, Ceará, Piauí, Tocantins e Amazonas. A região do Araripe, fronteira dos Estados do Piauí, Ceará e Pernambuco, concentram-se as reservas com maiores condições de aproveitamento (SOBRINHO et al., 2007).

Estima-se que a cadeia produtiva do gesso seja responsável pela geração de 12.000 empregos diretos e 64.000 empregos indiretos na região. Aproximadamente, 94% da produção de gesso brasileira se concentram na região denominada de Polo Gesseiro do Araripe situada a 700km da capital pernambucana, na porção noroeste de Pernambuco. (SINDUSGESSO, 2008).

A produção de gesso é particularmente importante para a economia das cidades inseridas no Polo Gesseiro do Araripe, constituindo-se no segmento mais significativo da economia regional, com faturamento anual próximo a R\$ 640 milhões (SINDUSGESSO, 2008).

A cadeia produtiva do gesso no estado de Pernambuco está formada por um total de 34 mineradoras das 36 em operação em todo o país, 154 calcinadoras e 487 fábricas de pré-moldados, voltadas para a mineração, beneficiamento e fabricação de pré-moldados.

O Pólo Gesseiro produz anualmente cerca de 1,3 milhões de toneladas de gesso, desse total, 61% são destinados a fabricação de blocos e placas, 35% para revestimentos, 3% para moldes cerâmicos e 1% para outros usos. O Pólo ainda produz para indústria de cimento 800 mil toneladas de gesso e mais 200 mil toneladas de gesso para a agricultura, somando uma produção anual superior a 2,3 milhões de toneladas (SINDUSGESSO, 2008).

Segundo a Atecel (2006), a indústria do gesso no Araripe utiliza, aproximadamente, 3% de energia elétrica, 5% de óleo diesel, 8% de óleo BPF (baixo poder de fluidez), 10% de coque e 74% de lenha. A lenha como combustível é usada por 65% do total das empresas inseridas no Polo Gesseiro. As calcinadoras de gesso são as principais consumidoras de energéticos florestais da região do Araripe (93%) (TONIOLO et al., 2005).

Com toda essa demanda por lenha, áreas para diferentes atividades florestais foram detectadas por um levantamento na região. Cerca de 47.000 ha são indicados para manejo florestal sustentado; 110.000 ha para reflorestamento/florestamento com espécies de rápido crescimento e 267.000 ha destinados a recuperação e preservação por estarem degradados ou parcialmente degradados pela exploração intensiva (SÁ et al., 2007).

2.3. Fontes Energéticas

Em se tratando de regiões semi-áridas, é essencial a implantação de povoamentos florestais com espécies de rápido crescimento adaptadas à região, e que tenham uma boa produtividade, mesmo aquém de regiões onde se tem uma maior precipitação. Essa alternativa gera benefícios sociais, com a mão de obra no campo e produtos madeireiros de diversos fins além de manter áreas preservadas nessas regiões (POGGIANI, 1982).

Com a crescente procura por combustíveis naturais renováveis, principalmente a biomassa, esse recurso vem se tornando escasso com o passar do tempo. Assim, a implantação de povoamentos florestais é fundamental para suprir essa demanda madeireira em polos indústrias (MACHADO et al., 2000).

O uso da biomassa, principalmente, da lenha, ou seja, fonte primária de energia é desde muito tempo a base da matéria-prima para a geração de energia no país. Junto à lenha, são utilizados também como fonte energética a serragem, bagaço de cana, a água, em hidrelétricas, entre outras, todas renováveis (GRAUER e KAWANO, 2001).

Com a devastação florestal muitas das espécies que possuíam indivíduos de porte maior, desapareceram ou quando são encontradas, são em menor quantidade, tornando vulneráveis e deixando de serem exploradas sustentavelmente para fins mais nobres (FIGUEIRÔA et al., 2005).

Assim, com o crescente desenvolvimento dos setores sociais e industriais, a pressão por recursos energéticos tem sido maior em matas nativas, pela procura da biomassa, de menor valor e fácil aquisição. Deste modo, o aumento de áreas desertificadas cresce em ritmo acelerado, motivo da exploração indiscriminada e irracional dos recursos florestais (OLIVEIRA et al., 2006).

Até 1992, a lenha era uma das principais fontes de energia, mas a utilização do coque de petróleo para a queima na indústria teve aumento significativo. O preço do coque também aumentou não se tornando viável a sua utilização. Assim, os recursos florestais retomaram o mercado e são vistos como

fonte de desenvolvimento sustentável, com grande possibilidade da expansão das áreas de florestas plantadas (PINHEIRO, 2004).

Em relação a outro derivado do petróleo, o óleo BPF (baixo poder de fluidez), foi feito um estudo comparativo com a lenha de eucalipto e detectaram que a lenha além de ser menos poluente, por não possuir enxofre, é mais barata tanto pela tonelada quanto pela energia gerada em termos de unidade energética, ocasionando uma economia de cerca de 77% (CAETANO e JÚNIOR, 2004).

O apagão elétrico no começo do século 21 fez com que a utilização de recursos hídricos e florestais para a geração de energia fosse mais visto. No Nordeste onde a lenha e carvão são bastante utilizados pela população, esse recurso passou a ser então explorado de maneira mais intensiva (ARAÚJO et al., 2007).

Vale salientar que a sustentabilidade das florestas e das fontes energéticas de biomassa, carecem de estudos e conhecimento para que seja adotada. É preciso conhecer a época de corte das árvores, quais espécies não podem ser cortadas para que garanta o suporte de sementes, manter um ciclo de rotação para as diferentes espécies, entre outras práticas que garantam a sustentabilidade da produção florestal para as atuais e futuras gerações.

Atualmente, adota-se o corte raso nas florestas, prática que com o passar do tempo diminui a capacidade de regeneração florestal, podendo acarretar o desaparecimento de algumas espécies. Essa metodologia, muitas das vezes se torna insustentável, merecendo mais atenção dos responsáveis, pois, além de agredir o meio ambiente, pode prejudicar economicamente com a escassez dos recursos renováveis.

2.4. Crescimento Florestal

Para Husch et al. (1971) a interação dos atributos genéticos da espécie com o meio ambiente (clima, solo, topografia e competição) influencia o crescimento. O aumento das dimensões de raiz, tronco e galhos é que se considera crescimento arbóreo, mudando assim, sua massa, volume e forma. O

crescimento em diâmetro é resultante da atividade cambial (meristema secundário) e o crescimento em altura do indivíduo, pela atividade do meristema primário.

O incremento depende do período considerado. Assim, se o período for de um ano para outro, chama-se incremento corrente anual; se for maior que um ano, denomina-se incremento periódico; caso seja um período e o seu valor dividido pelo tempo do período, chama-se incremento periódico anual; e se a variável tiver seu valor acumulado dividido pela idade (tempo) acumulada, caracteriza-se o incremento médio anual (HUSCH et al., 1971; ENCINAS et al., 2005; CAMPOS e LEITE, 2006).

Para que se possa acompanhar a dinâmica de florestas e o seu eventual crescimento ou mortalidade, a utilização de parcelas permanentes é vital, visto que o período de tempo para se transcorrer as mudanças é longo (SCHAAF et al., 2005). As medidas de altura e diâmetro podem ser obtidas pela medição no começo e no término do período de medição, fazendo por diferença ou média, a depender da medida desejada (HUSCH et al., 1971).

Entre as variáveis externas que atuam no indivíduo, a luz é fator preponderante para o crescimento florestal. Assim, o arranjo dos indivíduos no povoamento tem que levar em consideração a disponibilidade luminosa, que vai interferir de forma significativa ou não para o desenvolvimento das mesmas (ENGEL e POGGIANI, 1990). Para Macedo et al. (1993) a luz é um fator que determina a dinâmica da espécie no povoamento, pois existem espécies dependentes da luz, intolerantes, outras necessitam de menor incidência de luz, tolerantes, além de determinar o início do ciclo de vida das plantas, a presença ou ausência de luz, influência diretamente o crescimento das plantas. Dessa forma, torna-se preponderante à estabilidade da espécie no ambiente.

O conhecimento do crescimento arbóreo é essencial para que se possa no futuro prever a produção de determinada área ou povoamento. Desse modo, pode-se conhecer o ciclo de corte, a produtividade e programar rotações para diferentes espécies. Mendes et al. (2006) afirmam que um bom planejamento florestal é baseado na predição da produção pelo crescimento.

Para se manejar florestas equiâneas é essencial se basear em três condições: classificação do ambiente por diversos fatores, tratos silviculturais e predição do crescimento florestal, esse último associado à produção. No estudo de crescimento também é considerado a mortalidade, correspondente as árvores consideradas no início, mas que morreram em período posterior e são desconsideradas nas futuras medições (CAMPOS e LEITE, 2006).

2.5. Volume

O volume representa umas das melhores formas de conhecer o potencial produtivo em florestas e o conhecimento do seu estoque é essencial para todas as atividades de planejamento, sendo o volume individual, base para se conhecer todo um estoque que a floresta pode guardar (MACHADO et al., 2000; THOMAS et al., 2006; FRANCO et al., 1998).

Usualmente, determina-se o volume do fuste das árvores, não se preocupando com o volume de galhos. Para florestas plantadas destinadas a energia, como o corte é antecipado, com árvores ainda jovens, o volume de galhos é pequeno, mas deve-se levar em consideração a demanda crescente por lenha. Assim, essa madeira não pode deixar de ser considerada nos levantamentos (CAMPOS et al., 1992).

Na área florestal, o volume de uma árvore é conhecido de forma direta, ou seja, pelo seu corte e mensuração da mesma, ou de forma indireta, com a árvore em pé, processo menos preciso por usar estimativas de altura, e conseqüentemente, erros. Por isso a mensuração é de suma importância na área florestal, em se tratando de inventários pela busca de conhecer e estimar o volume de uma floresta. Essa mensuração busca conhecer diâmetro, altura, densidade, peso e forma da árvores individuais, fazendo posteriormente a estimação volumétrica para uma população florestal (BELCHIOR, 1996).

Tendo por vista que o fuste de uma árvore não é um cilindro perfeito, mas sim com diferentes formas, existem procedimentos específicos para determinar o volume real. Uma das maneiras é a cubagem rigorosa. A partir do estudo da forma

das árvores, algumas fórmulas matemáticas foram desenvolvidas para determinar o volume com ou sem casca do fuste das árvores, como as propostas por Huber, Newton, Smalian, entre outros. Normalmente, a expressão mais utilizada é a de Smalian, devido à facilidade dos cálculos e a operacionalidade na obtenção dos dados (SOARES et al., 2006).

O volume de madeira empilhada, obtido por meio da multiplicação das dimensões da pilha de madeira, define o chamado volume estéreo – st, que pode ser transformado em m³ por meio de um fator de empilhamento que, segundo Andrade et al. (2003) é a razão do volume em estéreo (empilhado) pelo volume real (sólido). Segundo Batista e Couto (2002) dizem que o st é o volume de uma pilha de madeira roliça, em que, além do volume sólido, estão incluídos os espaços vazios normais entre as toras. Assim, um st é a quantidade de madeira roliça empilhada em um espaço com as dimensões de 1 m x 1 m x 1m, cujas toras variam em área seccional, curvatura e forma.

Um grande problema encontrado é calcular o volume das árvores da Caatinga, motivo pelo qual a tortuosidade e bifurcação são fatores constantes na maioria das espécies.

2.6. Densidade da madeira

A densidade da madeira pode determinar a seleção de espécies para diversas finalidades (RIBEIRO e FILHO, 1993). Paiva e Vital (2005) afirmam que madeira com densidade mais elevada (superior a 0,50 g/cm³) é mais recomendada como fonte energética porque libera maior quantidade de calor por unidade de volume. Essa madeira produz carvão mais eficiente para uso industrial, porque libera além do calor em maior quantidade, mais carbono por unidade de volume, facilitando a movimentação dos gases em alto-forno (MENDES et al., 1982).

Segundo Vale et al. (2002), madeiras leves, ou seja, de baixa densidade, quando comparadas com madeiras mais duras e pesadas de mesmo volume, queimam mais rapidamente, não sendo muito eficientes na geração de energia.

No entanto, madeiras mais densas têm um inconveniente, demoram mais para iniciar o processo de queima.

O rendimento energético, pela queima direta da madeira, depende da espécie a ser utilizada, já que há uma variação da constituição química, ou seja, teor de celulose, minerais, no poder calorífico, umidade e densidade. A umidade é importante ser determinada, pois precisa de calor para eliminá-la antes da queima, atrasando o processo de combustão. Salientando ainda para as impurezas dos combustíveis madeireiros, como cinza e enxofre, esses podem a determinados níveis formar ácido sulfúrico ou outros compostos potencialmente danosos, mas que, em geral, a quantidade é desprezível (QUIRINO et al. 2005; BRITO e BARRICHELO, 1979).

2.7. Fixação de Carbono

Cerca de 19,39% de todos os energéticos primários consumidos no Brasil em 1999, foram referentes ao uso da cana-de-açúcar e de madeira, sendo que dessa última, 9,12% em forma de lenha ($6,9 \cdot 10^7$ ton) (BRASIL, 1999). Segundo Brito e Deglise (1991), a principal fonte de extração desses materiais, são as reservas naturais, tendo o uso concentrado, especialmente nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste.

Dentre os combustíveis renováveis em estudo para suprir a demanda energética, a biomassa é o que tem despertado dos maiores interesses (VALE et al. 2002). Para esses autores, no Brasil, a biomassa é constituída, principalmente, pela madeira, que tem sido utilizada na produção de carvão vegetal (carbonização) e consumo direto (combustão).

A capacidade das florestas de armazenar carbono durante o processo de produção de biomassa tem recebido atenção crescente, principalmente devido ao seu potencial para contribuir com a redução do “efeito estufa” (HOSOKAWA et al. 1998). Para Rochadelli (2001), a substituição dos combustíveis fósseis extraídos do subsolo, pela biomassa acumulada nos vegetais em forma de carbono, será, a

longo prazo, o meio mais efetivo para diminuir a emissão ou a quantidade de carbono na atmosfera.

A quantificação de biomassa atua, paralelamente, com a estimativa de carbono fixado pelos vegetais, visto que na biomassa vegetal há presença de carbono (BALTEIRO e ROMERO, 2003). De acordo com Larcher (1986), as concentrações de carbono e de nutrientes minerais, principalmente componentes da biomassa, variam com a espécie, fase de desenvolvimento, estado nutricional, parte considerada do vegetal e condições edafoclimáticas.

No que se refere a fixação de carbono, os reflorestamentos são alvos de grande interesse, devido a sua eficiência na captação e fixação de CO₂ (AMBIENTE BRASIL, 2005). A exigência mundial por desenvolvimento com menores danos ao ambiente tem feito com que muitas empresas busquem por mecanismo de desenvolvimento limpo. Segundo Nogueira e Lora, (2003) as toneladas de emissão de carbono evitadas ou resgatadas deverão dar origem aos Créditos por Redução de Emissões – CERs comercializáveis, diretamente, entre as empresas ou como papéis colocados no mercado.

Segundo Man Yu (2004), a fixação de carbono corresponde diretamente ao crescimento das plantas, sendo que quanto maior o porte vegetal, maior a quantidade de carbono armazenado. Segundo a autora, dois terços do carbono do globo terrestre se encontram estocados nas florestas, incluindo o solo florestal devido à decomposição de matéria-prima acumulada durante séculos. Juntos estocam um total de 3.260 GtC.

De acordo com Schumacher e Witschoreck (2004), a floresta é uma alternativa para a fixação de carbono, pois, pela atividade fotossintética, os vegetais acumulam carbono em sua estrutura orgânica.

2.8. Espécies com potencialidades energéticas

Apesar de muito utilizadas para fins energéticos, existem poucos estudos relacionados às espécies nativas da Caatinga. De acordo com Johnson (1985), espécies como Jurema-preta (*Mimosa hostilis*), Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), Angico (*Anadenanthera colubrina*), Jucá (*Caesalpinia ferrea*), Mororó (*Bauhinia forficata*), Pereiro (*Aspidospema pyriformium*) e Craibeira (*Tabebuia aurea*) têm sido bastante empregadas, principalmente, para a produção de carvão. Segundo Tigre (1970), a Jurema preta produz carvão com alto poder calorífico, sendo empregado por diversas empresas em forjas e fundições.

Assim, as espécies utilizadas nesse trabalho em sua grande maioria são nativas da Caatinga e carecem de trabalhos para conhecer suas utilidades nos diversos setores industriais, medicinais, entre outros.

O Sabiá - *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth., possui madeira pesada ($0,87\text{g/cm}^3$) e um teor de carbono fixo de aproximadamente 73%, dura e compacta, mesmo em contato com o solo no uso como estacas. É muito cultivado no Nordeste para produção de estacas, postes, mourões de cercas, dormentes, lenha e carvão. Sua folhagem é valiosa como forragem para o gado, principalmente, na estação seca. (RIZZINI, 1978).

Para Albuquerque e Andrade (2002), o Angico - *Anadenanthera colubrina* Vell. Brenan var. *cebil* Griseb. Altschul tem madeira muito utilizada na extração de tanino, com propriedades medicinais e para a geração de energia.

A Imburana - *Amburana cearense* (Allemão) A.C. Sm. possui madeira moderadamente pesada ($0,60\text{g/cm}^3$), macia, aromática e de razoável durabilidade quando exposta a intempéries. Usada para construção civil em geral e para energia, por ser densa. Tem também uso medicinal (LORENZI, 2002; ALBUQUERQUE e ANDRADE, 2002).

A Jurema - *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. possui madeira bastante dura com densidade de $1,12\text{g/cm}^3$, empregada tanto na construção civil como na produção de energia (BARROS et al., 1981).

As espécies do gênero *Tabebuia* (Ipê) em geral possuem madeira pesada de grande durabilidade e são empregadas na construção civil e pode também gerar energia, sua densidade varia entre 0,39 e 1,03 g/cm³ (LORENZI, 2002).

A Algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw.) D.C. espécie trazida do Peru, tem madeira resistente a cupins e a podridão, tendo elevado peso específico, densidade de 0,85 g/cm³, tendo alta combustão na queima como lenha ou carvão. Usada também na construção civil, apicultura, alimentação e sombreamento para o gado (BARROS et al., 1981; OLIVEIRA et al., 1999).

A Leucena - *Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit., natural das Américas, possui rápido crescimento e o seu plantio para produção de madeira tem dado bons resultados. Pode ser usada, principalmente, para lenha, carvão, celulose e aglomerados, como também, forragem para animais (EMBRAPA, 2006; LIMA e EVANGELISTA, 2006).

A Acácia - *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby é uma espécie arbórea originária da Tailândia, que se adaptou às condições do Nordeste brasileiro, que vem sendo utilizada na arborização, cerca viva e produção de madeira (DUTRA, 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O experimento denominado Módulo de Experimentação Florestal do Polo Gesseiro do Araripe, está localizado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, localizado no Município de Araripina-PE, extremo oeste do estado, no semi-árido e no entorno da Chapada do Araripe (Figura 1), com coordenadas geográficas de 07°27'37" S e 40°24'36" W e altitude de 831 metros (Figura 2).

A precipitação média anual é de aproximadamente 650 mm, concentrando-se entre os meses de dezembro a março onde ocorre mais de 70% do total anual, ficando os demais meses com o restante, o que provoca deficiências hídricas que

se acumulam a partir do mês de maio até o mês de janeiro. O clima é do tipo Bshw', semi-árido, quente, com chuvas de verão-outono, pela classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 24°C (ARAÚJO, 2004). O solo é do tipo latossolo vermelho-amarelo (ENCARNAÇÃO, 1980).



Figura 1: Localização do Pólo Gesseiro do Araripe e da cidade de Araripina – PE.

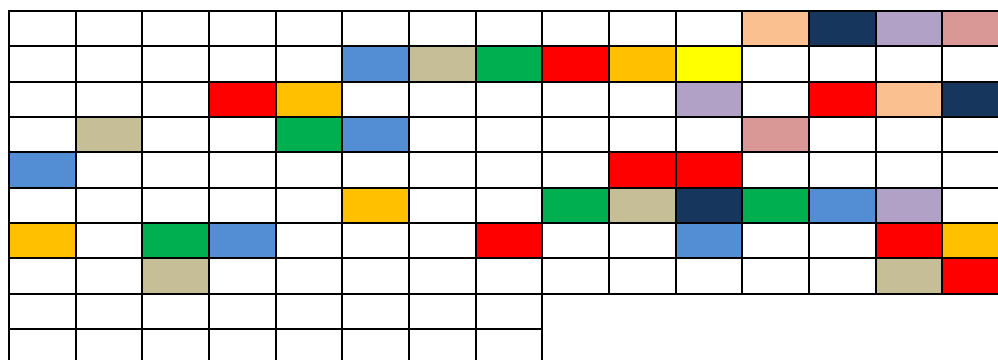


Figura 2: Imagem via satélite do experimento em campo na estação experimental do IPA, em Araripina – PE, obtida pelo programa Google Earth.

3.2. Delineamento experimental

O experimento foi instalado com 9 espécies nativas e exóticas, onde todas as parcelas, de todas as espécies têm o mesmo espaçamento de 3 m x 2 m.

O preparo efetivo da área experimental teve início no mês de janeiro de 2002, e o plantio definitivo foi realizado em março de 2002. Utilizaram-se covas nas dimensões de 30 cm x 20 cm x 20 cm. Foram utilizadas para o presente estudo nove espécies (tratamentos) em um delineamento inteiramente casualizado com diferentes números de repetições por tratamento, em função da disponibilidade de mudas por espécies (Figura 3; Tabela 1). Cada parcela teve as dimensões de 14 m x 21 m, com área de 294 m²/parcela, com 49 plantas/parcela. Das 49 plantas/parcela, 25 plantas formam a área útil, com 150 m² (10 m x 15 m), sendo essas, as plantas utilizadas para a realização do trabalho (Figura 4). As mudas foram provenientes do viveiro florestal do IBAMA, do Crato - Ceará.



Legenda:

Algaroba	Leucena
Ipê 1	Acácia
Imburana	Ipê 2
Jurema	Sabiá
Aroeira	Angico
Eucalipto	

Figura 3: Grade esquemática das parcelas do experimento na estação experimental do IPA, Araripina-PE.

Tabela 1: Espécies utilizadas no experimento na estação experimental do IPA, Araripina-PE.

Espécie (Tratamento)	Nome Vulgar	Nº Repetições
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm.	Imburana	5
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan var. <i>cebil</i> (Griseb.) Altschul	Angico	3
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Jurema	2
<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.	Sabiá	3
<i>Tabebuia sp.1</i>	Ipê	5
<i>Tabebuia sp.2</i>	Ipê	2
<i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S. Irwin & Barneby	Acácia	5
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) R. de Wit.	Leucena	8
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) D.C.	Algaroba	6

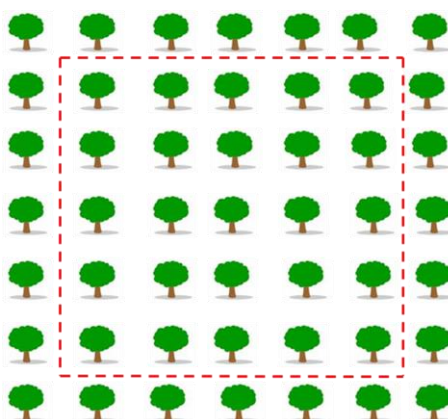


Figura 4: Distribuição das parcelas por espécie, no experimento em campo, com a área útil tracejada, compondo as 25 plantas.

3.3. Coleta de dados do experimento

Na época das medições o povoamento estava com 6,5 anos. Foram mensurados o diâmetro à altura do peito – DAP (cm), o diâmetro na base – DNB (cm) a 30 cm do solo, altura total (m) e a peso (kg). Os diâmetros do fuste foram medidos com paquímetro digital de 15 centímetros (cm), graduado em milímetros (mm). A altura foi medida com trena após a derrubada das árvores e o peso (kg) determinada com balança mecânica de plataforma (Figura 5).

Para comparação da volumetria e do peso das espécies no experimento com a vegetação nativa (testemunha), foi feito um corte em mata nativa de

Caatinga, sob plano de manejo sustentado, aprovado pelo IBAMA no município de Araripina-PE, em quatro parcelas de 150 m² cada uma, ou seja, de mesmo tamanho às do experimento, em propriedade particular. O talhão cortado possui área total de 73,15 ha e 71,89 ha são destinados ao manejo, com a coordenada 07°30'13" S e 40°08'34" W. A idade de corte da área foi de 7 anos, próximo da idade do experimento. Essas parcelas foram consideradas como testemunhas e comparadas com as parcelas experimentais na análise estatística.



Figura 5: Medição de DAP e DNB com paquímetro, determinação da altura total com trena e pesagem dos indivíduos em balança de plataforma.

3.4. Estatística descritiva

Para estatística descritiva foram analisados o volume, peso, altura, DAP e DNB das espécies do experimento. Foram analisados de forma geral todos os indivíduos de todas as parcelas das espécies em estudo.

3.5. Sobrevivência

A análise da sobrevivência foi baseada nos indivíduos da área útil de cada parcela e realizada a análise estatística em porcentagem de sobrevivência.

3.6. Determinação dos volumes

As análises de volume em m³ e st foram feitas baseadas no volume por parcela e com base nessas parcelas, realizada a análise estatística, considerando a parcela como repetição. As espécies tinham diferentes números de repetições conforme a Tabela 1.

Com base no volume das parcelas foram estimados as produtividades (m³/ha e st/ha) e o incremento médio anual – IMA em volume.

Para determinar o volume sólido em m³, foram cubadas as árvores que estavam acima do limite de inclusão adotado ($\geq 1,91$ cm para o DNB). Os fustes foram cortados de metro em metro da base até a altura máxima e medidos o diâmetro de cada extremidade com paquímetro, o restante do fuste que fosse menor que um metro de comprimento era medido com trena e suas extremidades também mensuradas com paquímetro (Figura 6). O volume individual foi determinado pela fórmula de Smalian.

Fórmula de Smalian:

$$V_S = \frac{g_1 + g_2}{2} \cdot L \qquad V_S = \frac{\pi \cdot (DAP_1^2 + DAP_2^2) \cdot L}{80000}$$

Em que:

V_S = volume da seção em m³;

g₁ e g₂ = áreas seccionais das extremidades da tora em cm²;

L = comprimento da tora em cm.



Figura 6: Medição das extremidades dos toretes com paquímetro.

E para determinar o volume empilhado, os indivíduos após serem pesados, foram empilhados no interior de uma armação de ferro nas dimensões de 1 m x 1 m x 1 m (Figura 7) e no final determinado seu volume em st por espécie.



Figura 7: Armação de ferro com as dimensões de 1 m x 1 m x 1 m, utilizada para empilhar um metro estéreo de madeira.

O fator de empilhamento “Fe” foi calculado pela fórmula abaixo, para as espécies do experimento e da testemunha:

$$Fe = \frac{Vol_{st}}{Vol_{m^3}}$$

3.7. Determinação do peso - Kg

O peso de cada árvore foi determinado após a cubagem das mesmas. Foram pesados todos os indivíduos em balança mecânica de plataforma.

3.8. Determinação da densidade da madeira do fuste

A densidade foi determinada pelo Método do Máximo Teor de Umidade (VITAL, 1984), no laboratório de química vegetal da UFRPE.

Foram coletados discos de aproximadamente 2,5 cm de espessura, a 0%, 50% e 100%, da altura da árvore. As amostras de madeira sem casca foram colocadas em balde, submersas em água destilada e, posteriormente, acondicionadas em dessecador com aplicação de vácuo até atingirem o ponto de saturação das fibras (Figura 8). As amostras foram pesadas, diariamente, até atingirem peso constante. Após a saturação, foi removido o excesso de água de suas superfícies e, foi determinado o peso saturado ao ar em balança de precisão. A seguir, todas as amostras foram colocadas em estufa com circulação de ar forçado à temperatura de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$, por 48 horas e determinado o peso seco.

O cálculo da densidade foi obtido pela fórmula (FOELKEL et al., 1972).

$$D = \frac{1}{\frac{\text{Peso(saturado)} - 0,346}{\text{Peso(seco)}}$$



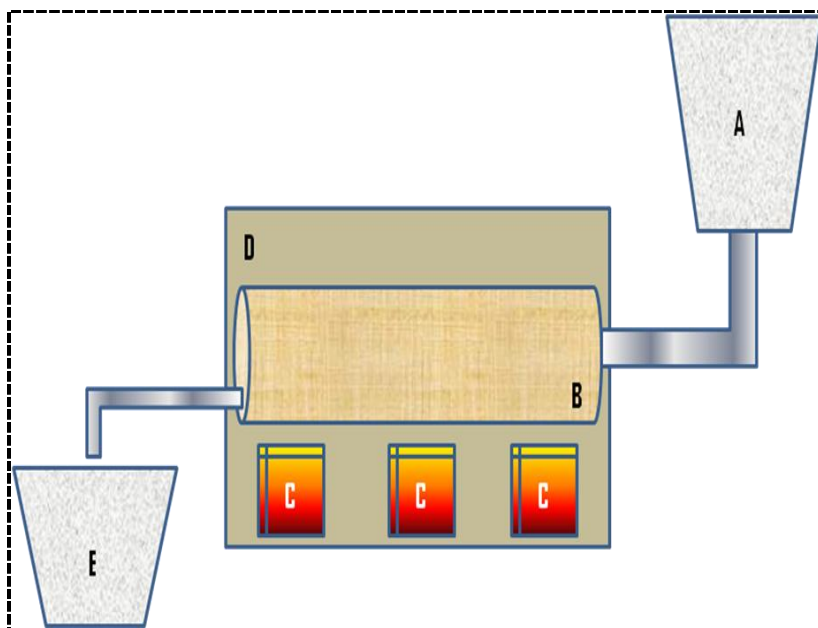
Figura 8: Amostras imersas em água e aplicação de vácuo no dessecador.

3.9. Determinação do teor de carbono total

Após a determinação da densidade, as amostras foram trituradas em moinho e foram determinados os teores de carbono total para a base, o meio e o topo das árvores, no Laboratório de Química Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco. O método que foi utilizado se baseia na oxidação da matéria orgânica, em presença de ácido sulfúrico e dicromato de potássio, e posterior titulação do excesso de dicromato, com solução de sulfato ferroso amoniacal (BEZERRA NETO e BARRETO, 2004).

3.10. Combustão da madeira

As madeiras do experimento foram queimadas por espécie no forno da Indústria Gesso Aliança e no forno da Indústria Gesso São Geraldo, realizada a queima da madeira de Mata nativa, ambas as indústrias em Trindade-PE. Quando a câmara de armazenamento da gipsita era cheia (Figura 9), iniciava o carregamento do forno pré-aquecido com a lenha. Quando o gesso estava calcinado, encerrava o abastecimento com lenha e contabilizava uma fornalha (Figura 10). Calculava-se a quantidade de lenha utilizada para a calcinação do gesso e a quantidade de gesso produzido por cada fornalha, sabendo assim o rendimento da madeira por espécie por cada tonelada de gesso.



Onde: A = silo de armazenagem da gipsita triturada; B = câmara de armazenagem da gipsita durante a calcinação; C = portas de abastecimento do forno; D = área interna do forno e E = silo de armazenagem do gesso produzido.

Figura 9: Abastecimento do forno com lenha de Leucena durante a calcinação da gipsita.



Figura 10: Abastecimento do forno com lenha de Leucena durante a calcinação da gipsita.

3.11. Análise estatística

Realizou-se a análise da variância – ANOVA a fim de constatar diferenças ou não entre todas as variáveis estudadas (volume em m³ e st, peso, densidade do fuste, carbono total e sobrevivência). Para comparação de médias, utilizou-se o

teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade a fim de separar os tratamentos em grupos, não provocando uma similaridade entre as mesmas.

Foram utilizados os programas Microsoft Office Excel 2007 e o SISVAR versão 5.0, DEX/UFLA.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise descritiva do experimento

Com a análise descritiva das espécies do experimento, foi possível avaliar a uniformidade de crescimento de cada espécie e observar os melhores desempenhos para volume, peso, altura, DAP e DNB de todos os indivíduos com base na média.

Para volume, peso e altura, a menor variação foi do Sabiá, assim como a maior média dessas variáveis. Dessa forma, o Sabiá teve os maiores indivíduos em relação ao volume, peso e altura (Tabelas 2, 3 e 4).

Para o volume e peso o coeficiente de variação foi dos mais altos, chegando a 79,22 % para o volume dos indivíduos de Acácia e 95,32 % para o peso da mesma espécie. Esses valores podem estar relacionados à grande desuniformidade das árvores nas parcelas, pois, em várias parcelas foram encontradas árvores dominadas, ou seja, sob o dossel das árvores de maior porte. Portanto, com o desenvolvimento ameno desses indivíduos, seu crescimento se torna limitado e há a grande variação entre árvores de uma mesma espécie.

Em relação ao volume, observam-se também os baixos valores da Imburana e da Algaroba. Essas espécies além de apresentarem volumes baixíssimos em relação às demais, apresentaram os indivíduos com os menores pesos. Para a altura dessas duas espécies, os valores também foram baixos, apresentando indivíduos tão limitados em altura, que no caso da Imburana, não constou DAP mensurável ao limite de inclusão estabelecido.

Tabela 2: Análise descritiva do volume por árvore das espécies no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

VOLUME (m ³)									
Espécie	LEUCENA	ACÁCIA	ALGAROBA	SABIÁ	JUREMA	ANGICO	IMBURANA	IPÊ 1	IPÊ 2
n	190	84	69	67	43	63	21	96	19
Mínimo	0.0016	0.0024	0.0004	0.0072	0.0026	0.0007	0.0002	0.0008	0.0033
Máximo	0.0430	0.0869	0.0049	0.0820	0.1026	0.0799	0.0015	0.0322	0.0380
Média	0.0119	0.0221	0.0018	0.0343	0.0291	0.0261	0.0006	0.0086	0.0131
S _x	0.0005	0.0019	0.0001	0.0021	0.0031	0.0023	0.0001	0.0007	0.0019
CV	61.03%	79.22%	52.71%	49.34%	70.12%	68.68%	54.81%	74.50%	62.22%

n= número de indivíduos; S_x= erro padrão da média; CV= coeficiente de variação.

Tabela 3: Análise descritiva do peso por árvore das espécies no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

PESO (kg)									
Espécie	LEUCENA	ACÁCIA	ALGAROBA	SABIÁ	JUREMA	ANGICO	IMBURANA	IPÊ 1	IPÊ 2
n	190	84	69	67	43	63	21	96	19
Mínimo	1.8	1.9	0.1	6.3	2.9	1.4	0.1	1.1	2.9
Máximo	41.9	97.2	5.8	82.2	116.5	87.7	1.5	35.0	37.9
Média	10.91	17.38	1.54	34.80	34.70	27.02	0.65	9.15	13.43
S _x	0.5036	1.8080	0.1189	2.1622	3.7073	2.4630	0.0761	0.7129	1.9744
CV	63.61%	95.32%	64.19%	50.86%	70.05%	72.35%	53.46%	76.31%	64.07%

n= número de indivíduos; S_x= erro padrão da média; CV= coeficiente de variação.

Tabela 4: Análise descritiva da altura por árvore das espécies no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

ALTURA (m)									
Espécie	LEUCENA	ACÁCIA	ALGAROBA	SABIÁ	JUREMA	ANGICO	IMBURANA	IPÊ 1	IPÊ 2
n	190	84	69	67	43	63	21	96	19
Mínimo	3.28	4.10	2.65	7.10	5.32	4.05	0.25	2.72	3.60
Máximo	8.65	9.05	5.20	9.25	8.35	11.60	2.30	6.62	7.50
Média	5.84	5.86	3.66	8.11	7.33	7.98	1.52	4.48	5.84
S _x	0.0819	0.1135	0.0711	0.0515	0.1131	0.1965	0.0846	0.0831	0.2465
CV	19.33%	17.75%	16.16%	5.20%	10.12%	19.54%	25.55%	18.19%	18.39%

n= número de indivíduos; S_x= erro padrão da média; CV= coeficiente de variação.

O Angico obteve os indivíduos mais grossos em DAP e DNB, porém, a Algaroba apresentou a menor variação e os menores valores entre os indivíduos para essas variáveis, com os indivíduos mais finos. Apesar de maiores DAP's e DNB's, e a segunda maior média de altura, o Angico apresentou volume menor que o Sabiá e a Jurema. Visto que DAP e altura são correlacionados para estimar

o volume de árvores, um dos motivos desse resultado pode estar associado à desuniformidade das árvores de Angico, já que apresentaram a terceira maior variação para o DAP (35,70 %) e para o DNB (24,90 %), assim, essa grande variação pode ter determinado a terceira posição tanto para volume como para o peso. Após o término das medições, foi possível observar indivíduos dominados, ou seja, sob o dossel das parcelas, com indivíduos bem finos e grossos em relação aos diâmetros (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5: Análise descritiva do DAP por árvore das espécies no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

		DAP (cm)								
Espécie		LEUCENA	ACÁCIA	ALGAROBA	SABIÁ	JUREMA	ANGICO	IMBURANA	IPÊ 1	IPÊ 2
n		190	84	69	67	43	63	-	96	19
Mínimo		1.98	2.40	1.90	2.53	2.50	2.00	-	1.90	2.60
Máximo		5.60	9.30	3.00	5.87	5.47	11.50	-	10.10	12.35
Média		3.21	4.31	2.23	4.08	3.88	6.15	-	4.19	5.78
S _x		0.0498	0.1127	0.0317	0.0844	0.1038	0.2765	-	0.1545	0.5011
CV		21.35%	23.96%	11.83%	16.93%	17.52%	35.70%	-	36.11%	37.80%

n= número de indivíduos; S_x= erro padrão da média; CV= coeficiente de variação.

Tabela 6: Análise descritiva do DNB por árvore das espécies no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

		DNB (cm)								
Espécie		LEUCENA	ACÁCIA	ALGAROBA	SABIÁ	JUREMA	ANGICO	IMBURANA	IPÊ 1	IPÊ 2
n		190	84	69	67	43	63	21	96	19
Mínimo		2.68	3.50	2.10	2.92	3.17	2.40	1.90	3.03	5.95
Máximo		6.90	13.75	4.80	9.30	9.90	11.60	3.80	12.20	11.70
Média		4.10	6.86	3.06	5.38	5.40	8.23	2.77	6.74	7.86
S _x		0.0609	0.1955	0.0668	0.1556	0.2052	0.2581	0.1191	0.1994	0.3606
CV		20.47%	26.10%	18.10%	23.69%	24.90%	24.90%	19.66%	28.99%	20.01%

n= número de indivíduos; S_x= erro padrão da média; CV= coeficiente de variação.

4.2. Sobrevivência

As espécies tiveram boa sobrevivência, constatando-se que a Leucena, a Jurema, o Sabiá, o Angico, a Algaroba, a Acácia e o Ipê 1 não diferiram significativamente entre si. Essas espécies por serem consideradas pioneiras,

estando expostas a luz plena, podem ter tido boa sobrevivência ao longo do tempo devido a esse fator (Tabela 7).

Macedo et al. (1993), corroborando com esse princípio, afirmam que as espécies pioneiras crescem muito rapidamente a pleno sol, como também existem espécies que são inibidas por essa exposição plena, necessitando de luz em certa etapa do ciclo de vida. Serrão et al. (2003) e Santos Jr. et al. (2004), estudando algumas espécies, inclusive do gênero *Tabebuia* sp., constataram que a medida que ela é sombreada a mortalidade aumenta gradativamente, necessitando assim de luz incidente como fator condicionante a seu desenvolvimento.

A *Leucena* apresentou mortalidade de apenas 3%. O Ipê 2 e a Imburana diferiram das demais espécies, sendo essas as de menor sobrevivência média, com menos de 50%. A sobrevivência da Imburana pode ter sido afetada por ser uma espécie de estágio sucessional mais tardio. Como o plantio foi realizado de uma só vez, a exposição direta ao sol deve ter afetado a sobrevivência inicial, ocorrendo mortalidade alta. Resultados semelhantes foram obtidos por Engel e Poggiani (1990), no qual a sobrevivência foi menor à luz plena e também obtendo menor crescimento e produção de matéria seca em relação a outras espécies intolerantes, ganhando em crescimento diamétrico e em área foliar, a certos níveis de sombra. Portanto, é uma espécie indicada para plantios, mas sob dossel, pois cresce mais quando sombreada. Mas, que esses resultados necessitam de mais estudos a respeito.

Tabela 7: Porcentagem média de sobrevivência das espécies por parcela no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

Coeficiente de variação: 17,44 %	
Média geral: 78,15	
Número de observações: 39	

Tratamentos	Médias

Leucena	97,00 a
Jurema	94,00 a
Sabiá	89,33 a
Angico	89,33 a
Algaroba	87,33 a
Ipê 1	85,60 a
Acácia	68,00 a
Ipê 2	40,00 b
Imburana	35,20 b

Médias unidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade.

4.3. Volume

Para a análise estatística o volume em m³ e em st, a Imburana não obteve volume suficiente em st por possuir poucos indivíduos que entraram no limite de inclusão. Então como os dados são de médias por parcela, essa espécie não entrou nas análises estatísticas de volume.

As espécies cortadas da mata nativa são conhecidas popularmente como Marmeleiro, Cipaúba, Açoita cavalo, Espinheiro, Camará, Talembi e Goiabinha. Estas espécies não foram identificadas ao nível de táxon por não ter material fértil.

Os maiores volumes em st foram obtidos pelo Sabiá e a Jurema com respectivamente 2,00 e 1,81 st/parcela, não diferindo estatisticamente entre si (Tabela 8). Em seguida, o Angico teve o melhor desempenho. Posteriormente a Acácia, a Mata Nativa e a Leucena, apresentaram volumes semelhantes entre si. Os menores volumes de madeira empilhada foram encontrados para a Algaroba e os Ipês.

Assim, pode-se inferir que o desempenho de espécies nativas plantadas em plantios comerciais como o Sábíá, a Jurema e o Angico, é superior, sendo até

mais que o dobro no caso do Sabiá e da Jurema, em relação à mata nativa submetida à plano de manejo sustentado.

Tabela 8: Médias de volume em metro estéreo – (st/parcela) da Mata nativa e das espécies no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

Coeficiente de variação: 24,62 %	
Média geral: 0,81	
Número de observações: 38	

Tratamentos	Médias

Sabiá	2,00 a
Jurema	1,81 a
Angico	1,30 b
Acácia	0,89 c
Leucena	0,78 c
Mata nativa	0,78 c
Ipê1	0,47 d
Ipê2	0,28 d
Algaroba	0,10 d

Médias unidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação à produtividade por hectare (Tabela 9), o Sabiá se destaca com 133,33 st/ha, bem próximo à Jurema. Com os piores desempenhos ficaram os Ipês e a Algaroba. Com a mesma sequência, o incremento médio anual – IMA, se mostra semelhante, com o Sabiá produzindo 20,51 st/ha/ano e também seguido da Jurema. A mata nativa, testemunha, mesmo com uma idade um pouco maior que a idade do experimento, 7 anos, apresentou uma produtividade aquém, tendo quase que a metade da produtividade do Angico, que é a espécie terceira colocada em produtividade. O Sabiá e a Jurema, dessa maneira, se mostram como as espécies que mais produzem em volume empilhado.

A Mata nativa e a Leucena tiveram as mesmas produtividades, porém, a Mata nativa com seis meses a mais, apresentou um incremento médio anual menor que o da Leucena, mostrando que a Leucena tem um crescimento mais rápido.

Tabela 9: Produtividade volumétrica e incremento médio anual – IMA de madeira empilhada em metro estéreo – st, da Mata nativa e das espécies estudadas no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

ESPÉCIE	st/ha	IMA
SABIÁ	133,33	20,51
JUREMA	120,67	18,56
ANGICO	86,89	13,37
ACÁCIA	59,87	9,21
LEUCENA	52,00	8,00
MATA NATIVA	52,00	7,43
IPÊ 1	31,60	4,86
IPÊ 2	18,67	2,87
ALGAROBA	7,22	1,11

Foi possível observar que o Sabiá, a Jurema e o Angico tiveram produtividades bem superiores às demais espécies e a mata nativa em volume por hectare. Assim, é recomendável, tornando mais conveniente e rentável a implantação de povoamentos florestais com essas espécies, visto que o retorno em volume empilhado de lenha é bem maior, assim como evita o desmatamento de matas nativas já escassas no Pólo Gesseiro, tendo, por fim, um retorno econômico e ambiental mais satisfatório.

Para o volume em m³, o Sabiá teve uma produtividade isolada das demais, com o melhor resultado 0,78 m³/parcela. A Jurema e o Angico vêm logo em seguida, com produção média de 0,64 e 0,54 m³/parcela respectivamente. As piores produtividades tanto em m³ como no st são da Algaroba e dos Ipês (Tabela 10).

Tabela 10: Médias de volume em metro cúbico – (m³/parcela) da Mata nativa e das espécies no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

Coeficiente de variação: 27,66 %	
Média geral: 0,30	
Número de observações: 38	

Tratamentos	Médias

Sabiá	0,78 a
Jurema	0,64 b
Angico	0,54 b
Acácia	0,37 c
Leucena	0,28 c
Mata nativa	0,26 c
Ipê1	0,16 d
Ipê2	0,12 d
Algaroba	0,02 d

Médias unidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação à produtividade em m³, o Sabiá se destaca, apresentando a maior produtividade, seguido da Jurema e do Angico. Ocorre da mesma forma no incremento médio anual - IMA. A Algaroba e os Ipês aparecem como sendo as menos produtivas, tanto em m³ como em st. (Tabela 11).

Tabela 11: Produtividade volumétrica e incremento médio anual - IMA de madeira sólida em metros cúbicos – m³, da Mata nativa e das espécies no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

ESPÉCIE	m ³ /ha	IMA
SABIÁ	52,28	8,04
JUREMA	42,76	6,58
ANGICO	36,63	5,64
ACÁCIA	24,98	3,84
LEUCENA	18,85	2,90
MATA NATIVA	17,36	2,48
IPÊ 1	11,03	1,70
IPÊ 2	8,35	1,28
ALGAROBA	1,54	0,24

Para o fator de empilhamento, o Ipê2 obteve o menor resultado, 2,24, mostrando que é a espécie menos tortuosa, ou seja, necessita de menos madeira para formar um m³ (Tabela 12). Em seguida o Angico com valor bem próximo a Acácia. A Algaroba mais uma vez teve o pior desempenho, com um fator alto, 4,70. Isso se deve a produção de indivíduos baixos, finos, bifurcados e tortuosos, além de espinhos grandes que dificultam o empilhamento da madeira.

O fator de empilhamento das espécies da mata nativa sob plano de manejo ficou em 2,99, um valor bem próximo do adotado pelo IBAMA que é 3,2.

De acordo com Araújo (2007), estudando Jurema na Paraíba, o fator de empilhamento foi de 2,4, sendo próximo ao observado nesse estudo.

Tabela 12: Fator de empilhamento da Mata nativa e das espécies no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

ESPÉCIE	Fe
IPÊ 2	2,24
ANGICO	2,37
ACÁCIA	2,40
SABIÁ	2,55
LEUCENA	2,76
JUREMA	2,82
IPÊ 1	2,86
MATA NATIVA	2,99
ALGAROBA	4,70

4.4. Peso

Em relação ao peso dos indivíduos por parcela, o Sabiá e a Jurema tiveram os maiores valores, mas com diferença mínima entre eles, seguidos do Angico. Esse fato se deve a maior produção dessas espécies por parcela, conseqüentemente o maior peso, que pode estar diretamente relacionada à densidade dessas espécies, visto que essas espécies tiveram os maiores valores obtidos neste trabalho (0,93 g/cm³ - Jurema e 0,84 g/cm³ - Sabiá).

Com relação à Mata nativa, apenas os Ipês e a Algaroba tiveram valores inferiores, já que a Leucena e a Acácia não diferiram da Mata nativa (Tabela 13).

Tabela 13: Média do peso em (kg/parcela) das espécies estudadas no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

Coeficiente de variação: 25,60 %	
Média geral: 301,85	
Número de observações: 38	

Tratamentos	Médias

Sabiá	777,03 a
Jurema	764,35 a
Angico	568,63 b
Acácia	292,06 c
Mata nativa	274,27 c
Leucena	260,62 c
Ipê1	176,56 d
Ipê2	128,05 d
Algaroba	20,60 e

Médias unidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade.

4.5. Densidade

A análise da densidade foi realizada em diferentes alturas (base, meio e topo), que corresponde a 0%, 50% e 100% da altura da árvore. Posteriormente, foi realizada uma análise geral, com as três alturas.

Na análise da densidade da base dos fustes, as espécies foram divididas em 4 grupos. Havendo assim uma diferença acentuada entre as espécies estudadas (Tabela 14).

Para a base, o Sabiá apresentou a mais alta densidade, 0,99 g/cm³, mas que não diferiu da Jurema, 0,98 g/cm³, e da Algaroba, 0,95 g/cm³, que foram as espécies mais densas na altura da base. A Imburana obteve um desempenho inferior, sendo a madeira mais leve e menos densa isoladamente. O coeficiente de variação foi considerado baixo, 5,92%, mostrando que as repetições diferiram pouco entre si.

Tabela 14: Médias de densidade do fuste na base das árvores (g/cm^3), no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

Coeficiente de variação: 5,92 %	
Média geral: 0,80	
Número de observações: 31	

Tratamentos	Médias

Sabiá	0,99 a
Jurema	0,98 a
Algaroba	0,95 a
Ipê 1	0,84 b
Angico	0,84 b
Leucena	0,83 b
Ipê 2	0,69 c
Acácia	0,67 c
Imburana	0,57 d

Médias unidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para a análise da densidade do fuste no meio, as espécies foram divididas em 3 grupos. Tendo em vista que as espécies na altura média, diferem entre si, sendo os valores de sua densidade bem variados (Tabela 15).

A Jurema obteve a densidade mais alta, $0,93 \text{ g}/\text{cm}^3$, diferindo em relação à Algaroba e ao Sabiá. A diferença em relação a densidade da base é que a Jurema se separou do grupo da Algaroba e do Sabiá. As demais espécies se assemelham em um grupo com densidade menor, não diferenciando entre si, mas com a Acácia obtendo o menor valor.

O coeficiente de variação também se mostrou baixo. Mas com média maior que a base, sendo assim, para essa altura, há uma diferenciação maior entre as análises.

Tabela 15: Médias de densidade do fuste no meio das árvores (g/cm^3), no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

Coeficiente de variação: 9,80 %	
Média geral: 0,72	
Número de observações: 31	

Tratamentos	Médias

Jurema	0,93 a
Algaroba	0,83 b
Sabiá	0,78 b
Leucena	0,72 c
Angico	0,71 c
Ipê 1	0,70 c
Ipê 2	0,68 c
Imburana	0,65 c
Acácia	0,58 c

Médias unidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade.

As espécies foram divididas em 4 grupos na análise da densidade do topo do fuste. Isso mostra que as espécies também têm uma variação maior em sua altura máxima (Tabela 16).

A Jurema se destacou novamente com a densidade mais alta, $0,89 \text{ g/cm}^3$, com madeira mais densa que as demais. O Sabiá e a Algaroba estão no 2º grupo de maior densidade, resultado semelhante a densidade do meio. A Imburana está no grupo das menores densidades, não difere da Leucena, do Ipê 2 e da Acácia, mas apresenta como na densidade do topo, o menor valor. As outras espécies se dividem nos demais grupos com densidades menores.

Pode observar, que a Imburana e a Acácia oscilam com os menores valores apresentados para as três alturas.

O coeficiente de variação também se mostrou baixo. De maneira geral, a densidade diminui à medida que a altura aumenta. Isso mostra que a densidade diminui ao longo do fuste a partir da base, sendo menor no topo, onde o crescimento apical prevalece com uma menor quantidade de lenho.

Tabela 16: Médias de densidade do fuste no topo das árvores (g/cm^3), no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

Coeficiente de variação: 6,54 %	
Média geral: 0,67	
Número de observações: 31	

Tratamentos	Médias

Jurema	0,89 a
Sabiá	0,76 b
Algaroba	0,75 b
Ipê 1	0,70 c
Angico	0,67 c
Leucena	0,63 d
Ipê 2	0,62 d
Acácia	0,61 d
Imburana	0,57 d

Médias unidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade.

Considerando todas as alturas (base, meio e topo), as espécies também foram divididas em 4 grupos, mostrando-se bem diferentes a densidade do fuste das espécies como um todo (Tabela 17). A Jurema, mais uma vez se destaca, sendo a melhor em relação as demais, com uma densidade de $0,935 \text{ g/cm}^3$. Este resultado corrobora com Oliveira et al. (2006), que encontraram $0,91 \text{ g/cm}^3$ no estado da Paraíba. No entanto, Araújo (2007), encontrou $0,74 \text{ g/cm}^3$, aos 8 anos de idade, valor menor que o observado. Essa variação pode estar relacionada à idade, sítio, entre outros fatores. Considerando todas as análises, a Jurema prevaleceu com maior densidade isoladamente, excetuando a densidade da base, mas que nessa altura do fuste, permaneceu no grupo das maiores densidades, mostrando ser a espécie mais densa independente da altura ou em termos gerais.

Tabela 17: Médias de densidade geral do fuste (base, meio e topo) das árvores (g/cm³), no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

Coeficiente de variação: 11,64 %	
Média geral: 0,73	
Número de observações: 93	

Tratamentos	Médias

Jurema	0,93 a
Sabiá	0,84 b
Algaroba	0,84 b
Ipê 1	0,75 c
Angico	0,74 c
Leucena	0,73 c
Ipê 2	0,66 d
Acácia	0,62 d
Imburana	0,60 d

Médias unidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade.

Mais uma vez a Imburana, como em todas as alturas, obteve as menores médias de densidade de fuste, com exceção do valor obtido no meio do fuste, sendo a espécie mais leve e, conseqüentemente, com menor quantidade de lenho. Junto a Imburana, o Ipê 2 e a Acácia também se mostraram leves e menos densas, sempre nos mesmos grupos de densidade, exceto na densidade da base dos fustes. Isso revela que essas espécies não são recomendadas para a geração de energia, pois o poder calorífico se torna baixo, necessitando assim de uma maior demanda de madeira para a produção de uma mesma quantidade de gesso.

Valério et al. (2008), estudando a densidade de Peroba (*Aspidosperma polyneuron* Muell. Arg.), em seis alturas ao longo do fuste, concluiu que a densidade média foi 0,66 g/cm³, não variando significativamente entre elas. Apesar de bastante utilizada, tanto para a produção de lenha quanto para fins mais nobres na região semi-árida nordestina, a peroba, quando comparada com as espécies em estudo, apresentou média de densidade bastante inferior a maioria das mesmas, tendo resultado semelhante ao Ipê 2, a Acácia e a Imburana.

Alves (2006) avaliou a densidade e o carbono em 15 clones de eucalipto plantados no mesmo plano experimental do presente estudo, e constatou que a média da densidade foi de 0,59 g/cm³ e a maior densidade foi de 0,65 g/cm³. Apesar do rápido crescimento e melhor lida com a cultura, o eucalipto apresentou densidade média inferior a todas as espécies estudadas no presente trabalho.

Segundo estudo realizado por Costa (2004) em indivíduos de *Tapirira guianensis*, foi encontrada uma média de densidade aos seis e sete anos de idade de 0,392 e 0,408 g/cm³. Constatou-se, portanto, que tanto a densidade de clones de eucalipto na Chapada do Araripe como de outras espécies nativas como a *T. guianensis* foi menor que quase todas as espécies em estudo.

Segundo Pereira e Lima (2002), estudando seis espécies de Algaroba, observaram que *P. juliflora* apresentou a densidade de 0,836 g/cm³, resultado semelhante ao encontrado nesse trabalho.

4.6. Teor de carbono

O teor de carbono na base e no meio dos fustes das espécies estudadas, não diferiram entre si. Obtiveram baixos coeficientes de variação, 8,75% e 7,23%, respectivamente (Tabela 18 e 19). Assim, tanto na altura da base, quanto na altura do meio do fuste, o teor de carbono fixado, não diferiu estatisticamente entre as espécies. Este resultado mostra que a fixação de carbono pela plantas para as paredes celulares do fuste é semelhante, independente da espécie.

Observa-se que a Jurema mesmo não deferindo das demais espécies, se destaca em primeiro lugar. As outras espécies se alternam na quantidade de carbono fixado.

Tabela 18: Médias do teor de carbono fixado na base do fuste das árvores, em porcentagem, no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

Coeficiente de variação: 8,75 %	
Média geral: 43,21	
Número de observações: 27	

Tratamentos	Médias

Jurema	46,46 a
Ipê 1	45,53 a
Sabiá	45,50 a
Imburana	44,80 a
Algaroba	43,73 a
Angico	43,23 a
Acácia	41,43 a
Leucena	39,80 a
Ipê 2	38,40 a

Médias unidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 19: Médias do teor de carbono fixado no meio do fuste das árvores, em porcentagem, no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

Coeficiente de variação: 7,23 %	
Média geral: 42,17	
Número de observações: 27	

Tratamentos	Médias

Jurema	47,46 a
Imburana	44,60 a
Acácia	44,23 a
Sabiá	42,70 a
Ipê 2	42,56 a
Algaroba	40,76 a
Leucena	39,30 a
Ipê 1	39,23 a
Angico	38,73 a

Médias unidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para a altura do topo o teor de carbono foi diferente entre as espécies, formando dois grupos distintos, de modo que a Jurema, a Imburana, o Sabiá e a Leucena tiveram as maiores quantidades do teor de carbono fixado. O coeficiente de variação foi considerado baixo, 5,02%, dessa forma, a variação entre as análises do teor de carbono do fuste, na altura do topo é pouca (Tabela 20).

Tabela 20: Médias do teor de carbono fixado no topo do fuste das árvores, em porcentagem, no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

Coeficiente de variação: 5,02 %	
Média geral: 42,93	
Número de observações: 27	

Tratamentos	Médias

Jurema	46,73 a
Imburana	45,56 a
Sabiá	44,60 a
Leucena	44,56 a
Acácia	42,63 b
Angico	42,06 b
Algaroba	41,36 b
Ipê 2	40,46 b
Ipê 1	38,43 b

Médias unidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade.

A mesma resposta do teor de carbono no topo, obteve o teor de carbono geral, considerando as três alturas: base, meio e topo. A diferença é que a Leucena ficou no grupo com as menores quantidades de carbono fixado. O coeficiente de variação foi de 7,55%, mostrando pouca variação entre as análises, já que é considerado baixo (Tabela 21). Os Ipês ficaram nas últimas colocações, com as menores taxas de carbono fixado no fuste.

Tabela 21: Médias do teor de carbono fixado geral no fuste (base, meio e topo) das árvores, em porcentagem, no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

Coeficiente de variação: 7,55 %	
Média geral: 42,77	
Número de observações: 81	

Tratamentos	Médias

Jurema	46,88 a
Imburana	44,98 a
Sabiá	44,26 a
Acácia	42,76 b
Algaroba	41,95 b
Angico	41,34 b
Leucena	41,22 b
Ipê 1	41,06 b
Ipê 2	40,47 b

Médias unidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade.

Aleixo et al. (2008), estudando Leucena no estado do Paraná, obteve média de 38% de carbono para o fuste, sendo esta a parte da árvore que mais acumula carbono. Weber et al. (2006), avaliando o teor de carbono de seis espécies de Floresta Ombrófila também no Paraná, verificou que os teores de carbono variaram de 40,7 a 42,8% de carbono no fuste. Assim, mesmo em ambientes mais úmidos, os teores de carbono do fuste dessas espécies estão no mesmo nível das espécies do presente estudo.

No Rio Grande do Sul, Schneider et al. (2005), em povoamento de Acácia negra (*Acacia mearnsii*) constataram que independentemente da idade, o teor fixado de carbono pela espécie foi de 40%. Urbano et al. (2008), estudando bracatinga (*Mimosa scabrella*) obtiveram na análise de carbono para o fuste, média de 43,69%. Todos esses estudos mostram que a concentração de carbono é semelhante à encontrada no presente trabalho. Segundo Weber et al. (2006), os teores de carbono podem variar pela idade ou tamanho das árvores.

De acordo com Alves (2006), a média dos 15 clones de eucalipto estudados foi de 46,97% para o fuste, ou seja, os clones fixam mais carbono, provavelmente

devido ao rápido crescimento. No entanto, quando comparada a média dos clones de eucalipto com as espécies em estudo, notou-se que em relação a Jurema, a variação do teor de carbono no fuste é mínima.

Considerando-se a quantidade de carbono fixada, de uma forma geral, quando comparadas com outros trabalhos, pode-se observar valores similares. Para *Mimosa scabrella*, em indivíduos entre 3 e 7 anos de idade observou-se uma variação entre 40 e 45% (ROCHADELLI, 2001). Em estudo realizado por Weber et al. (2003), a porcentagem média para *Araucaria angustifolia* em diferentes idades concentrou-se também entre 40 e 45%.

Para *Tapirira guianensis*, em trabalho realizado por Costa (2004), observou-se uma média de 52,81% de carbono no fuste em indivíduos com 6 anos de idade, sendo assim superior as médias encontradas para todas as espécies em estudo. Este resultado pode está relacionado ao fato da *T. guianensis* se localizar em ecossistema diferenciado (Floresta Ombrófila Densa), tendo assim condições mais propícias de crescimento.

4.6.5. Fixação de carbono pelo fuste

A espécie que mais fixou carbono foi a Jurema, em se tratando de toneladas por unidade de área, com 23,55 ton/ha. Logo em seguida o Sabiá com 21,42 ton/ha. Por último, com os piores desempenhos, com menos de 1,00 ton/ha, ficaram a Algaroba e a Imburana, sendo as espécies que apresentaram os indivíduos mais finos e menores (Tabela 22).

A porcentagem de carbono nas árvores apresentou uma variação de 40,48% do Angico a 46,88% da Jurema, às demais espécies apresentaram valores intermediários. A Jurema, por ter uma grande densidade, corrobora com a quantidade de carbono, pois, espécies mais densas tendem a ter uma maior quantidade de carbono fixado na biomassa.

Tabela 22: Porcentagem de carbono e quantidade de carbono fixado no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

Espécie	Nº de indivíduos	∑ Peso (kg)	% C	C fixado (kg)	C fixado (t/ha)
JUREMA	45	1528.7	46.88	716.70	23.89
SABIÁ	67	2331.4	41.35	963.97	21.42
ANGICO	64	1705.9	40.48	690.56	15.35
ACÁCIA	84	1460.3	42.76	624.48	8.33
LEUCENA	191	2085.0	41.21	859.31	7.16
IPÊ 1	97	882.8	41.06	362.45	4.83
IPÊ 2	19	256.1	44.27	113.37	3.78
ALGAROBA	109	123.2	41.94	51.67	0.57
IMBURANA	23	14.5	44.98	6.52	0.09

C = carbono.

Resultados que mostram que quanto maior a densidade do fuste, maior será a fixação de carbono foram o Sabiá e a Leucena, pois, mesmo tendo quase um terço da quantidade de indivíduos de Leucena, fixou mais carbono, com 963,97 kg. Resultados semelhantes foram encontrados para o Ipê 1 e a Acácia em relação ao Sabiá, que com uma quantidade maior de indivíduos sequestraram menos carbono. No caso do Ipê 1, com 30 árvores a mais, obteve quase 3 vezes menos carbono fixado. Isso mostra também, que essas espécies com uma quantidade maior de indivíduos e menos carbono fixado, cresceram menos em volume, são de menor porte, e conseqüentemente fixam menos carbono no fuste.

4.7. Calorimetria

Os testes realizados no forno da empresa Gesso Aliança só utilizaram 5 espécies, motivo pelo qual as demais espécies (Ipê 1 e 2; Imburana e Algaroba) não obtiveram madeira suficiente para completar uma fornada completa. As espécies que obtiveram uma quantidade maior de madeira, caso da Leucena e Sabiá, foi possível a realização de 2 fornadas. As madeiras da Mata nativa foram queimadas no forno da empresa Gesso São Geraldo.

Como resultados, o Sabiá apresentou um melhor rendimento, com (0,34 st/ton) de gesso produzido, seguido da Jurema e da Mata nativa, que tiveram

valores iguais (Tabela 23). Essas espécies apresentaram as melhores densidades, ou seja, são madeiras mais pesadas e para produção de gesso, vão demandar uma menor quantidade de lenha para a calcinação da gipsita em forno. A acácia obteve o pior rendimento (0,54 st/ton), motivo pelo qual apresenta uma densidade menor, ou seja, mais leve que as demais, necessitando assim de uma quantidade maior de madeira para produzir uma tonelada de gesso.

Tabela 23: Rendimento das espécies na calcinação da gipsita para a geração de energia no forno do Gesso Aliança e Gesso São Geraldo, em Trindade-PE

Espécie	Fornalha	Tempo de calcinação da fornada (hora)	Produção de gesso (ton)	Uso de lenha (st)	st/ton. de gesso
Sabiá	2	1:40	11.92	4.00	0.34
Jurema	1	1:20	6.20	2.26	0.36
Mata nativa	1	1:20	4.24	1.51	0.36
Angico	1	1:27	6.20	2.54	0.41
Leucena	2	1:38	11.40	5.10	0.45
Acácia	1	2:00	6.00	3.23	0.54

ton = tonelada; st = metro estéreo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na Tabela 24 estão apresentados de forma resumida, os resultados finais das espécies para as diferentes variáveis analisadas. Nota-se que para quase todas as análises, o Sabiá e a Jurema se destacam. O Ipê 2 em nada se destacou, sendo a espécie com o pior desempenho entre as espécies estudadas no experimento.

Com apenas um item em destaque, a sobrevivência, igualaram-se a Leucena, a Acácia, a Algaroba, o Angico e o Ipê 1 e para o teor de carbono a Imburana.

Tabela 24: Desempenho geral da Mata nativa e das espécies no Módulo de Experimentação Florestal para a Região do Araripe, em Araripina – PE

AVALIAÇÃO FINAL DAS ESPÉCIES										
	<i>Leu</i>	<i>Acá</i>	<i>Alg</i>	<i>Sab</i>	<i>Jur</i>	<i>Ang</i>	<i>Imb</i>	<i>Ipê 1</i>	<i>Ipê 2</i>	<i>Mata nativa</i>
Sobrevivência	97,0	68,0	87,3	89,3	94,0	89,3	35,2	85,6	40,0	X
Volume (m³/ha)	18,8	25,0	1,5	52,3	42,8	36,6	X	11,0	8,4	17,4
Volume (st/ha)	52,0	59,9	7,2	133,3	120,7	86,9	X	31,6	18,7	52,0
Peso (kg/parcela)	260,6	292,1	20,6	777,0	764,4	568,6	X	176,6	128,1	274,3
Densidade do fuste (g/cm³)	0,73	0,62	0,84	0,84	0,93	0,74	0,60	0,75	0,66	X
Teor de Carbono (%)	41,22	42,76	41,95	44,26	46,88	41,34	44,98	41,06	40,47	X
Carbono (ton/ha)	7,16	8,33	0,57	21,42	23,89	15,35	0,09	4,83	3,78	X
Eficiência energética (st/ton. gesso)	0,45	0,54	X	0,34	0,36	0,41	X	X	X	0,36

Leu = Leucena; Acá = Acácia; Alg = Algaroba; Sab = Sabiá; Jur = Jurema; Imb = Imburana; X = item não avaliado.

Dessa forma, os objetivos foram plenamente atendidos, uma vez que houve resultados satisfatórios para espécies nativas de Caatinga em quase todos os critérios avaliados. Essas espécies, o Sabiá e a Jurema, foram superiores a Mata nativa submetida a Plano de Manejo Florestal, de idade próxima, demonstrando ser superior a exploração dessa vegetação, que está cada vez mais escassa na região.

Portanto, com o resultado dessa pesquisa, espera-se que medidas sejam adotadas pelos órgãos competentes, evitando a exploração clandestina e estimulando o reflorestamento para fins energéticos, como também preservando os recursos florestais de Caatinga, tão importantes para a pesquisa, às comunidades locais que vivem dos recursos oriundos das florestas e para a biodiversidade geral.

6. CONCLUSÃO

Desta forma, o Sabiá e a Jurema são as espécies mais indicadas para a produção de lenha em plantios comerciais homogêneos na Chapada do Araripe em Pernambuco.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, U.P.; ANDRADE, L.H.C.. Uso dos recursos vegetais da Caatinga: o caso do agreste do Estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil). **Interciência**, v. 27, n. 7, p. 336-345, 2002.

ALEIXO, V. et al. Relações alométricas para *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit. **Ciência Florestal**, v.18, n.3, p.329-338, 2008.

ALVES, A. M. C. **Quantificação da produção de biomassa e do teor de carbono fixado por clones de eucalipto, Araripina-PE**. 2006. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal, Área de Manejo Florestal), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE.

ALVES, J. J. A. Geoecologia da Caatinga no semi-árido do Nordeste Brasileiro. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v.2, n.1, p.58-71, 2007.

AMBIENTE BRASIL. **Sequestro de carbono na Amazônia e o ZEE**. Disponível em <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./carbono/index.html&conteudo=./carbono/artigos/amazonia.html>. Acesso em: 15 de janeiro de 2009.

ANDRADE, V. C. L.; LEITE, H. G.; GOMES, A. N. Uso de informações obtidas no transporte de madeira e no inventário florestal para estimar o volume em estéreos. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v.27, n.2, p. 171-176, 2003.

ARAÚJO, L. V. C.; PAULO, M. C. S.; PAES, J. B. Características dendrométricas e densidade básica da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (WILLD.) POIR.) de duas regiões do estado da Paraíba. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.20, n.1, p. 89-96, 2007.

ARAÚJO, S. M. S. **O pólo gesseiro do Araripe: Unidades geo-ambientais e impactos da mineração**. 2004. 276f. Tese (Doutorado em Ciências, Área de Administração e Política de Recursos Minerais), Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP.

ATECEL – Associação Técnica Científica Ernesto Luiz de Oliveira. **Diagnóstico energético do setor industrial do pólo gesseiro da meso região de Araripina-PE**. Campina Grande, 2006, 126p.

BALTEIRO, L. D.; ROMERO, C. Carbon captured as a new instrument in forest management: some implications. **Scientia Florestalis**, n.63, p.103-114, 2003.

BARROS, N. A. M. T. et al.. **Algarobeira, importante forrageira para o nordeste**. Boletim técnico n. 5, EMPARN, Natal, 1981. 34 p.

BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z. **O “Estéreo”**. Metrvm, Piracicaba, Boletim Técnico n. 2, 2002. 19 p.

BELCHIOR, P. R. M. **Estimação de volumes totais, de fuste e de galhos em Mata Secundária no Município de Rio Vermelho, MG**. 1996. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

BENEVIDES, D. S. **Estudo florístico e fitossociológico da flora herbácea da fazenda Xique-Xique, Município de Caraúbas – RN (Brasil)**. 2003. Monografia, Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró – RN.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Métodos de avaliação química em plantas**. Recife:UFRPE, 2004. 149p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional**. Brasília, 1999. 153p.

BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2006.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Usos diretos e propriedades da madeira para geração de energia. **IPEF**, Circular Técnica n.52, 7p.,1979.

BRITO, J. O.; DEGLISE, X. States and potential of using wood gor energy in Brazil. **Revue Forestiere Française**, Paris, n.6, p.175-179, 1991.

CAETANO, L.; JUNIOR, L. A. D. Estudo Comparativo da Queima de Óleo B.P.F. e de Lenha em Caldeiras – Estudo de Caso. **Instituto Politécnico**, Nova Friburgo, CRE04, TE01, 2004. 2 p.

CAMPELLO, F. B. et al.. **Diagnóstico florestal da região nordeste**. Brasília, DF: IBAMA, 1999. 20p.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 470p.

CAMPOS, J. C. C.; SILVA, J. A.; VITAL, B. R. Volume e biomassa do tronco e da copa de eucalipto de grande porte. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v.16, n.3, p.319-336, 1992.

CARVALHO, R. M. M. A.; SOARES, T. S.; VALVERDE, S. R. Caracterização do setor florestal: uma abordagem comparativa com outros setores da economia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 1, p.105-118, 2005.

COSTA, J. C. A. **Fixação de carbono e produção de biomassa pela Cupiúva (*Tapirira guianense* Aubl.), em um fragmento manejado de Mata Atlântica, município de Goiana-PE**. 2004. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal, Área de Manejo Florestal), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE.

DUTRA, A. S. et al.. Germinação de sementes de *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin E Barneby – Caesalpinoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas - RS, v. 29, n. 1, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Leucena (*Leucaena spp.*) Legumineira – cultura forrageira para produção de proteína. **Embrapa Gado de Corte**. 2006. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/ct/ct13/03leucena.html>>. Acesso em 14 dez. 2008.

ENCARNAÇÃO, G. R. F. **Observações meteorológicas e tipos e tipos climáticos das unidades e campos experimentais no IPA**. Recife, PE: IPA, 1980.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F. de; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores**, Comunicações Técnicas Florestais. Brasília, DF: UnB, v. 7, n. 1, 2005. 40 p.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas Implicações ecológicas e silviculturais. **Revista IPEF**, Piracicaba, n. 43/44, p. 1-10, 1990.

FIGUEIRÔA, J. M. et al.. Madeireiras. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C.; FIGUEIRÔA, J. M.; SANTOS JR, A. G. S. **Espécies da Flora Nordestina de Importância Econômica Potencial**. Recife: APNE, 2005. p. 101-133.

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **O papel**, v.33, n.3, p.57-61, 1972.

FRANCO, E. J.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; LIMA, J. T. Eficiência na estimativa do peso seco para árvores individuais e definição do ponto ótimo de amostragem para determinação da densidade básica *Eucalyptus camaldulensis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 77-99, nov. 1998.

FUPEF. **Apoio técnico e institucional para o desenvolvimento do programa florestal da Chapada do Araripe em Pernambuco**. FUPEF (Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná). Curitiba-PR, 2007. 192 p.

GRAUER, A.; KAWANO, M.. Uso de biomassa para produção de energia. **Boletim Informativo da Bolsa de Reciclagem**, v. 1, n. 5, 2001. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&conteudo=./energia/biomassa_vant.html>. Acesso em: 13 nov. 2007.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. 2ª ed., Ed. John Wiley & Sons, 1971. 410p.

HOSOKAWA, R. T; MOURA, J. B.; CUNHA, U. S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba:UFPR, 1998, 162p.

JOHNSON, D. V. Relatório sobre o manejo da caatinga, semi-árido do Nordeste Brasileiro. In: PROJETO PNUD/FAO/BRA/85/007. Natal: 1985. (Circular Técnica, 3).

LARCHER, N. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1986, 319p.

LIMA, J. A.; EVANGELISTA, A. R. **LEUCENA: *Leucaena leucocephala***. Lavras-MG. 2006. Disponível em: http://www.editora.ufla.br/BolExtensao/pdfBE/bol_50.pdf >. Acesso em 09 dez. 2008.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4ª Ed., Nova Odessa: Ed. Plantarum, v. 1, 2002. 368 p.

MACEDO, A.C.; KAGEYAMA, P. Y.; COSTA, L. G. S. **Revegetação: matas ciliares e de proteção ambiental**. São Paulo: Fundação Florestal, 1993. 24p.

MACHADO, S. A.; MELLO, J. A.; BARROS, D. A. Comparação entre métodos para avaliação de volume total de madeira por unidade de área, para o pinheiro do paraná, na região sul do Brasil. **Cerne**, Lavras, v.6, n.2, p.55-66, 2000.

MAN YU, C. M. Sequestro florestal de Carbono no Brasil: dimensões políticas socioeconmicas e ecológicas. São Paulo: Annablume; IEB, 2004. 280p.

MENDES, B. R. et al.. Desenvolvimento de modelos de crescimento de árvores individuais fundamentado em equações diferenciais. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 254-263, 2006.

MENDES, M. G.; GOMES, P. A.; OLIVEIRA, J. B. Propriedades e controle de qualidade do carvão vegetal. In: Penedo, W. R. (comp.). **Produção e utilização de carvão vegetal**. Belo Horizonte: CETEC, 1982. p.75-89. (Série SPT 008).

NOGUEIRA, M.; LORA, S. Dendroenergia: Fundamentos e Aplicações. 2^a ed. São Paulo: Interciência, 2003. 199p.

OLIVEIRA, E. et al.. Estrutura anatmica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (willd.) Poir. **Revista rvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.311-318, 2006.

OLIVEIRA, M. R. et al.. Estudo das condições de cultivo da algaroba e jurema preta e determinação do poder calorífico. **Revista de Ciência & Tecnologia**, Piracicaba, v.14, p. 93-104, 1999.

PAIVA, H. N.; VITAL, B. R. Caderno didático: **Escolha da espécie florestal**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2005. 41 p.

PEREIRA, J. C. D.; LIMA, P. C. F. Comparo da qualidade da madeira de seis espécies de algarobeira para a produção de energia. **Boletim de Pesquisa Florestal**. Colombo, n. 45, p. 99-107, 2002.

PINHEIRO, P. C. C. A Vocação Energética de Minas Gerais. In: IV Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2004, Itajubá, MG. **Anais...** Itajubá, MG: SBPE, Sociedade Brasileira de Planejamento Energético, 2004. 12 p.

PNUD - Programa das nações unidas para o desenvolvimento. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/meio_ambiente/reportagens>. Acesso em: 4 set. 2007.

POGGIANI, F. O reflorestamento no nordeste brasileiro: conseqüências ecológicas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.3, n.10, p.85 – 98,1982.

QUIRINO, W. F. et al.. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. **Revista da Madeira** n. 89, p. 100-106, 2005.

RIBEIRO, F. A.; FILHO, J. Z. Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de *Eucalyptus spp.* **IPEF**, n.46, p.76-85, 1993.

RIZZINI, C. T. **Árvores a madeiras úteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1978. 296 p.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda, 1997. 747 p.

ROCHADELLI, R. **A estrutura de fixação dos átomos de carbono em reflorestamento: estudo de caso *Mimosa scabrella* Benth., Bracatinga.** 2001, 86f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – UFPR, Curitiba, 2001.

SÁ, I. B.; SÁ, I. I. S.; SILVA, D. F. Geotecnologias conciliando preservação ambiental e fortalecimento das atividades produtivas na região do Araripe-PE. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis, SC: INPE, 2007. p.1875-1882.

SANTOS-JUNIOR, N. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Estudo da germinação e sobrevivência de espécies arbóreas em sistema de semeadura direta, visando à recomposição de mata ciliar. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 103-117, 2004.

SCHAAF, L. B. et al.. Incremento diamétrico e em área basal no período 1979-2000 de espécies arbóreas de uma floresta ombrófila mista localizada no sul do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 271-290, 2005.

SCHNEIDER, P. R. et al.. Determinação indireta do estoque de biomassa e carbono em povoamentos de Acácia – negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Ciência Florestal**, v.15, n.4, p.391-402, 2005.

SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R. Inventário de carbono em povoamentos de *Eucalyptus ssp.* nas propriedades fumageiras do sul do Brasil: “Um estudo de caso”. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B. (Eds.). **Fixação de carbono**: atualidades, projetos e pesquisas. Curitiba: AM impressos, 2004. p.39-53.

SERRÃO, D. R.; JARDIM, F. C. S.; NEMER, T. C. Sobrevivência de seis espécies florestais em uma área explorada seletivamente no município de Moju, Pará. **Cerne**, Lavras, v.9, n.2, p. 153-163, 2003.

SINDUSGESSO – Sindicato da Indústria do Gesso do Estado de Pernambuco. Disponível em: <<http://www.sindusgesso.org.br>>. Acesso em: 06 jun. 2008.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 276 p.

SOBRINHO, A. C. P. L.; AMARAL, A. J. R.; DANTAS, J. O. C. **Gipsita**. Departamento Nacional de Produção Mineral. Disponível em: <http://www.dnmpm-pe.gov.br/>, Acesso em: 09.12.2007.

TIGRE, C.B. **Silvicultura para as matas xerófilas**. Fortaleza: DNOCS, 1970. 176p.

THOMAS, C. et al. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise do tronco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.3, p.319-327. 2006.

TONIOLO, E. R.; PAUPITZ, J.; CAMPELLO, F. B. **Pólo gesseiro de Pernambuco: diagnóstico e perspectivas de utilização dos energéticos florestais na região do Araripe**. Projeto Conservação e Uso Sustentável da Caatinga MMA/PNUD/GEF/BRA/02/G31. Fortaleza-CE, Brasil, 2005. 15 p.

URBANO, E. et al.. Equações para estimar o peso de carbono fixado em árvores de *Mimosa scabrella* Benth (Bracatinga) em povoamentos nativos. **Cerne**, v.14, n.3, p.194-203, 2008.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do Cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 71-80, 2002.

VALÉRIO, A. F. et al.. Determinação da densidade básica da madeira de peroba (*Aspidosperma polineuron* muell. arg.) ao longo do fuste. **Caatinga**, v.21, n.3, p. 54-58, 2008.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa: SIF, 1984. 21p (Boletim Técnico, 1).

WEBER, K. S. et al.. Teores de carbono orgânico de seis espécies naturais do ecossistema da Floresta Ombrófila Mista. **Ambiência**, v.2, n.2, p.167-177, 2006.

WEBER, K. S. et al.. Variação nos teores de carbono orgânico em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Brasil Florestal**, v. 22, n. 76, 2003.