**CARACTERÍSTICAS SILVICULTURAIS E POTENCIAL DE USO
DAS ESPÉCIES MORINGA (*Moringa oleifera* Lam.) E NIM INDIANO
(*Azadirachta indica* A. Juss.): UMA ALTERNATIVA PARA O SEMI-
ÁRIDO PARAIBANO.**

LÚCIO VALÉRIO COUTINHO DE ARAÚJO

Engenheiro Florestal

Orientador: Prof. Dr. LUIZ CARLOS ESTRAVIZ RODRIGUEZ

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura “Luiz de Queiroz”,
Universidade de São Paulo, para obtenção
do título de mestre em Ciências, Área de
Concentração: Ciências Florestais.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo – Brasil
Novembro – 1999.

ERRATA

PÁGINA	LINHA	ONDE SE LÊ:	LEIA-SE:
i	1	- Resposta Silvicultural ...	- Características Silviculturais ...
ii	7	- Foram obtidos valores de $3,02 \times 10^4$ kg/há e $2,65 \times 10^4$ kg/há ...	- Foram obtidos valores de $3,02 \times 10^4$ kg/ha e $2,65 \times 10^4$ kg/ha ...
iii	1	- Silvicultural Response ...	- Silvicultural Characteristics ...
iv	5	- a wood volume of $23,14 \text{ m}^3/\text{ha}$ and $15,52 \text{ m}^3/\text{há}$...	- a wood volume of $23,14 \text{ m}^3/\text{ha}$ and $15,52 \text{ m}^3/\text{ha}$...
51	2	- 0,2 e 0,6 ha, respectivamente ...	- 0,2 e 0,86 ha, respectivamente ...
55	16	- Riegelhaupt et al. (199?) ...	- Riegelhaupt et al. (1990) ...
62	18	- cerca de 20% do total ...	- cerca de 30 % do total ...
63	2	- $H = \beta_1 + \beta_2 \left(\frac{1}{x} \right) + \xi$	- $\ln(H) = \beta_1 + \beta_2 \left(\frac{1}{x} \right) + \xi$
71	27	- também fez-se uma análise uma análise ...	- também fez-se uma análise ...
87	25	- modelo nº 6 da tabela 14 ...	- modelo nº 3 da tabela 14 ...

"Durante o período de chuvas o sertão reverdecido deslumbra a vista e repousa o espírito. Os córregos descem dos altos e as flores silvestres, como a jurema e o mofumbo, enchem o ar do mais suave dos aromas.

Na canícula, mesmo na seca plena, o calor que se dissipa à sombra de um juazeiro, é suavizado pela constante brisa que à noite se transmuda em forte ventilação, com o soprar dos alísios. E a lua e as estrelas completam o quadro encantador das noites nordestinas."

(Paulo B. Guerra)

*Aos meus pais Pedro e Terezinha,
Pelo carinho e incentivo,*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal da Paraíba pela oportunidade oferecida para a realização do curso de mestrado;

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino e Pesquisa (CAPES-PICDT-UFPB), pela concessão de bolsa de estudos;

Ao Prof. Luiz Carlos, pela valiosa, eficiente e segura orientação, sugestões e ensinamentos constantes;

Aos Professores Luiz Stape (ESALQ/USP), João Batista (ESALQ/USP), João Simões (ESALQ/USP) e Jacob Souto (CSTR/UFPB), pelas sugestões apresentadas ao trabalho;

Ao Dr. Belmiro Neves, pesquisador da EMBRAPA/CNPAP, por permitir a utilização do plantio de nim indiano, para coleta de dados e amostras;

Ao Sr. Jonh Medcraft, proprietário da Fazenda Verdes Pastos, onde foram coletados os dados e amostras de madeira da moringa;

A equipe do Laboratório de Química, Celulose e Energia (LCF/ESALQ/USP), em especial ao Prof. Otávio Brito e o funcionário Udemilson Ceribelli;

Aos amigos Antonio Amador, Vaninha e Vinícius, pelas sugestões, pelo apoio, carinho, paciência e agradável convivência;

Ao Joaquim e Yolanda, pelo carinho e inesquecível amizade;

A todos os colegas da pós-graduação, em especial a Cristina Lacerda, Simone Vieira e Carla Câmara;

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
RESUMO	i
SUMMARY	iii
INTRODUÇÃO.....	1
HIPÓTESE.....	3
OBJETIVOS.....	3
1. CAATINGA – VEGETAÇÃO TÍPICA DO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO.....	5
1.1. CONDICIONANTES CLIMÁTICOS.....	5
1.2. CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	7
1.3. PRINCIPAIS ESPÉCIES ARBÓREAS DE INTERESSE ECONÔMICO NO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO.....	7
	13
2. PECULIARIDADES DO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO.....	18
2.1. O VALOR SÓCIO-ECONÔMICO DA CAATINGA.....	18
2.2. DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR RURAL.....	22
2.3. INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES FLORESTAIS EXÓTICAS.....	26
3. MORINGA E NIM INDIANO – POTENCIAL DE USO NAS CONDIÇÕES PARAIBANAS.....	32
3.1. CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E ORIGEM.....	32
3.1.1. Moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.).....	32
3.1.2. Nim indiano (<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.).....	35
3.2. EXIGÊNCIAS EDAFO-CLIMÁTICAS.....	37
3.3. ASPECTOS SILVICULTURAIS	38
3.3.1. Características silviculturais.....	38
3.3.2. Utilização.....	41
3.4. NECESSIDADES DE PESQUISA.....	46
3.4.1. Escassez de informações e Contribuições deste trabalho.....	46
4. AVALIAÇÃO DAS QUALIDADES SILVICULTURAIS DA MORINGA E DO NIM INDIANO.....	49
4.1. MATERIAL E FONTES DE INFORMAÇÃO.....	49
4.1.1. Localização dos plantios usados para coleta de informações.....	49
4.2. AVALIAÇÕES E TESTES IMPLEMENTADOS.....	51
4.2.1. Produção volumétrica.....	51
4.2.2. Análises da madeira.....	56
a) Densidade básica.....	58
b) Teor de extrativos totais, lignina e holocelulose.....	59
c) Poder calorífico superior.....	60
d) Rendimento de carvão, carbono fixo, cinzas e materiais voláteis.....	61
4.2.3. Relações hipsométricas.....	62
4.2.4. Distribuição diamétrica do material utilizado.....	63

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
4.3.1. ANÁLISES DENDROMÉTRICAS.....	66
4.3.1.1. Estimativas de peso para moringa.....	66
4.3.1.2. Estimativas de peso para nim indiano.....	71
4.3.1.3. Estimativas de altura para moringa.....	79
4.3.1.4. Estimativas de altura para nim indiano.....	82
4.3.1.5. Estimativas de volume para moringa.....	84
4.3.1.6. Estimativas de volume para nim indiano.....	87
4.3.2. PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA.....	89
4.3.3. ANÁLISES DA MADEIRA.....	91
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	96
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
APÊNDICE.....	111

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Cartas climáticas do Nordeste do Brasil. 1 – média anual de precipitações (mm); 2-média mensal de precipitação (mm) no período chuvoso (março); 3-média mensal de precipitação (mm) na estação seca (setembro); 4-média anual de temperatura (°C); 5-umidade média relativa (%); 6-duração média da luz solar anual (h).....	7
2 Área de distribuição da vegetação de caatinga no Nordeste brasileiro (Parte hachureada). Adaptado de Kirmse et al. (1983).....	9
3 Distribuição entre cinco grupos principais de utilização dada à madeira no Estado da Paraíba. (Fonte: Nóbrega e Lima, 1994).....	19
4 Consumo de energéticos florestais no Estado da Paraíba (%/ano). Fonte: Meira et al. (1994).....	21
5 Moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.). Planta com cerca de 4,5 anos de idade. Local: São Mamede-PB.....	33
6 Detalhe das folhas e flores (A), frutos e sementes (B) da Moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.). Local: São Mamede-PB.....	34
7 Árvores de nim indiano (<i>Azadirachta indica</i> A. Juss) com cerca de 4 anos de idade. Local: Goiânia – GO.....	36
8 Detalhe das folhas e flores (A), e frutos do nim indiano (<i>Azadirachta indica</i> A. Juss). Local: Goiânia – GO.....	36
9 Produtos industrializados que têm na sua composição ingredientes extraídos do nim indiano. Local: Goiânia-GO.....	46
10 A - Árvore ramificada abaixo de 30 cm. B - Árvore ramificada entre 0,30 e 1,30 m. Local: Goiânia – GO.....	52
11 Componentes considerados na pesagem da biomassa de cada espécie. A - Lenha; B - Ramos com diâmetro menor que 3 cm e C - Folhas. Local: Goiânia – GO.....	54
12 Localização aproximada dos pontos de retiradas das amostras de madeira (discos).....	58
13 Porcentagens de árvores que apresentaram ramificações nos plantios de moringa e nim indiano. A – Árvores ramificadas abaixo de 30 cm; B – Árvores ramificadas acima de 30 cm.....	64
14 Peso de ramos, lenha e folhas <i>versus</i> diâmetro na base e na altura do peito da espécie <i>Moringa oleifera</i>	67
15 Distribuição de resíduos para a equação de biomassa de folhas da espécie moringa.....	69
16 Distribuição de resíduos para a equação de biomassa de ramos da espécie moringa.....	70
17 Distribuição de resíduos para a equação de biomassa de lenha da espécie moringa.....	71
18 Peso de ramos, lenha e folhas <i>versus</i> diâmetro na base e na altura do peito da espécie <i>Azadirachta indica</i>	73

19	Distribuição de resíduos para a equação de biomassa de folhas da espécie <i>nim</i> indiano.....	75
20	Distribuição de resíduos para a equação de biomassa de ramos da espécie <i>nim</i> indiano.....	76
21	Distribuição de resíduos para a equação de biomassa de lenha da espécie <i>nim</i> indiano.....	77
22	Biomassa (kg/ha) das espécies <i>moringa</i> e <i>nim</i> indiano considerando diferentes componentes.....	79
23	Correlação entre diâmetro na base (DNB) e diâmetro a altura do peito (DAP) <i>versus</i> altura para a <i>moringa</i>	80
24	Distribuição de resíduos para a equação de relação hipsométrica da <i>moringa</i>	81
25	Correlação entre diâmetro na base (DNB) e diâmetro a altura do peito (DAP) <i>versus</i> altura para a <i>nim</i> indiano.....	82
26	Distribuição de resíduos para a equação de relação hipsométrica de <i>nim</i> indiano.....	84
27	Correlação entre diâmetro na base (DNB) e diâmetro a altura do peito (DAP) <i>versus</i> volume para a <i>moringa</i>	85
28	Distribuição de resíduos para a equação de volume <i>moringa</i>	87
29	Correlação entre diâmetro na base (DNB) e diâmetro a altura do peito (DAP) <i>versus</i> volume para o <i>nim</i> indiano.....	89
30	Distribuição de resíduos para a equação de volume <i>moringa</i>	90
31	Produção volumétrica (m ³ /ha) das espécies <i>moringa</i> e <i>nim</i> indiano.....	91
32	Estimativas de área basal (m ² /ha) das espécies <i>moringa</i> e <i>nim</i> indiano....	92
33	Comparação da densidade básica (g/cm ³) entre as espécies avaliadas e outras cultivadas no semi-árido do Nordeste brasileiro.....	94

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Espécies de uso múltiplo encontradas em sistemas agroflorestais na região semi-árida do Nordeste brasileiro.....	30
2 Principais usos da espécie moringa em diversos países de sua ocorrência.....	43
3 Situação dos plantios na época da coleta de dados.....	63
4 Distribuição em classes diamétrica do material analisado.....	65
5 Valores mínimos e máximos de DNB, DAP, e H do material analisado.....	65
6 Resultado dos ajustes para estimativas de peso de folhas de moringa em função do diâmetro na base (DNB) e diâmetro na altura do peito (DAP).....	68
7 Resultado dos ajustes para estimativas de peso de ramos (1,2) e lenha (3,4) de moringa em função do diâmetro na base (DNB) e diâmetro na altura do peito (DAP).....	68
8 Resultado dos ajustes para estimativas de peso de folhas de nim indiano em função do diâmetro na base (DNB) e diâmetro na altura do peito (DAP).....	74
9 Resultado dos ajustes para estimativas de peso de ramos (1,2) e lenha (3,4) de nim indiano em função do diâmetro na base (DNB) e diâmetro na altura do peito (DAP).....	74
10 Estimativa de biomassa para moringa e nim indiano considerando os componentes folhas, ramos e lenha.....	78
11 Resultado dos ajustes para relação hipsométrica de moringa em função do diâmetro na base (DNB) e diâmetro na altura do peito (DAP).....	81
12 Resultado dos ajustes para relação hipsométrica de nim indiano em função do diâmetro na base (DNB) e diâmetro na altura do peito (DAP)....	83
13 Resultado dos ajustes para estimativas de volume de moringa em função do diâmetro na base (DNB) e diâmetro na altura do peito (DAP).....	86
14 Resultado dos ajustes para estimativas de volume de nim indiano em função do diâmetro na base (DNB) e diâmetro na altura do peito (DAP)....	88
15 Características energéticas de moringa e nim indiano ($420^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}$).....	92
16 Valores percentuais de extrativos totais, lignina, holocelulose, licor, gás não condensado e materiais voláteis para moringa e nim indiano.....	94

**RESPOSTA SILVICULTURAL E POTENCIAL DE USO DAS ESPÉCIES
MORINGA (*Moringa oleifera* Lam.) E NIM INDIANO (*Azadirachta indica*
A. Juss.): UMA ALTERNATIVA PARA O SEMI-ÁRIDO PARAIBANO.**

Autor: LÚCIO VALÉRIO COUTINHO DE ARAÚJO
Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Estraviz Rodriguez

RESUMO

Neste trabalho foi feita uma extensa revisão de literatura a respeito das espécies moringa (*Moringa oleifera* Lam.) e nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss.). Com o objetivo de determinar o potencial de uso, a produção de biomassa e a qualidade da madeira para fins energéticos, foram localizados no país, plantios das duas espécies para coleta dos dados. As medições e amostras de madeira da espécie moringa, foram obtidas na região semi-árida da Paraíba (São Mamede-PB), em um plantio com 127 árvores. No caso da espécie nim indiano, o plantio com 586 árvores, localizava-se na região Centro-Oeste do país (Sto. Antônio de Goiás-GO), esta opção deveu-se ao fato de não existir, na ocasião plantios de nim na região semi-árida. Foi feita a cubagem rigorosa através do método de Smalian, e a pesagem dos componentes (lenha, ramos e folhas) de 18 árvores de moringa e 22 de nim indiano,

além de coletadas amostras de madeira, a diversas alturas da árvore, para as análises de densidade básica, teor de extrativos totais, teor de lignina, teor de holocelulose, poder calorífico superior, rendimento de carvão, teor de carbono fixo, teor de cinzas e teor de materiais voláteis. As análises qualitativas foram feitas seguindo metodologia adotada pelo Laboratório do Setor de Química, Celulose e Energia da ESALQ/USP. Foram obtidos valores de $3,02 \times 10^4$ kg/há e $2,65 \times 10^4$ kg/há para biomassa total, 23,14 m³/ha e 15,52 m³/ha para volume de madeira e 0,19 g/cm³ e 0,57 g/cm³ para densidade básica, respectivamente para moringa e nim indiano. Os resultados obtidos permitem concluir que as espécies, dentro de suas limitações, podem contribuir para o setor florestal da região semi-árida, face aos múltiplos usos das mesmas. O nim indiano apresentou maior densidade básica e porcentagem de carbono fixo que a moringa, o que revela um maior potencial energético desta espécie. Recomendam-se estudos mais detalhados para ambas as espécies, principalmente, no que se refere à espécie nim indiano, tendo em vista que os dados não foram obtidos em região de características semi-áridas.

**SILVICULTURAL RESPONSE AND POTENTIAL OF USE OF MORINGA
(*Moringa oleifera* Lam.) AND NEEM (*Azadirachta indica* A. Juss.): AN
ALTERNATIVE FOR SEMI-ARID OF PARAÍBA.**

Author: LÚCIO VALÉRIO COUTINHO DE ARAÚJO

Adviser: Prof. Dr. LUIZ CARLOS ESTRAVIZ RODRIGUEZ

SUMMARY

After an extensive literature review regarding moringa (*Moringa oleifera* Lam.) and neem (*Azadirachta indica* A. Juss.), data were collected with the objective to determine the potential of use, the biomass production and wood quality for energy purposes in plantations of these species. Part of the data was obtained in the semi-arid area of Paraíba (São Mamede-PB, north-east Brazil) in a plantation composed of 127 moringa trees. The other part of the data came from a 586 tree neem stand in Goiás (Santo Antonio de Goiás-GO, west-central Brazil) as no neem plantation was known to exist at that time in north-east Brazil. Tree trunk volume, obtained through the Smalian method, and firewood, fine branches and leaves weights were estimated from, respectively, 18 and 22 moringa and neem trees. Also, wood samples at several heights were collected to determine the respective basic density, calorific power, charcoal yield, and lignin, holocellulose, fixed carbon,

ash, volatile material and total extractive contents. Qualitative analyses were run following the methodology adopted by the Laboratory of the Chemistry, Cellulose and Energy Section from ESALQ/USP. Results show a total biomass production of $3,02 \times 10^4$ kg/ha and $2,65 \times 10^4$ kg/ha, a wood volume of 23,14 m³/ha and 15,52 m³/há, and wood basic density of 0,19 g/cm³ and 0,57 g/cm³, respectively for moringa and neem. These results allow to conclude that the two species, although presenting limitations of growth in the semi-arid region of Paraíba, may contribute to the forest activity due to their multiple use. Neem showed higher wood basic density and fixed carbon than moringa. This indicates that neem is more suitable for use as an energy source than moringa is. However, more studies are recommended for both species, specially on neem, as the data for this species presented in this dissertation were not obtained in a region of semi-arid characteristics.

INTRODUÇÃO

Extensas áreas semi-áridas podem ser encontradas em regiões tropicais da Ásia, África e América do Sul. No Brasil, o trópico semi-árido se estende por aproximadamente 65% dos 1.548.672 km² que integram a região Nordeste (Lima, 1982). Essa enorme região, abrangendo parte dos Estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e trechos do norte de Minas Gerais, à semelhança de outras regiões semi-áridas do mundo, apresenta potencial agrícola (Pinto, 1977). A exploração dos recursos florestais, entretanto, é pouco desenvolvida, extrativista e voltada basicamente para o uso geral das propriedades rurais e para a comercialização.

A caatinga, vegetação natural desta região, vem sendo explorada pelo homem desde antes da colonização, quando os índios a utilizavam como território de caça, para coleta de frutos e em suas práticas agrícolas.

A chegada do homem europeu, embora não mudando significativamente os métodos extrativistas de uso, intensificou a pressão sobre os recursos naturais da caatinga em consequência de novas demandas e do aumento da população (Araújo Filho e Carvalho, 1996). Submetida durante muito tempo à exploração predatória, a caatinga encontra-se atualmente numa fase de regressão com o gradual desaparecimento de algumas espécies vegetais, utilizadas tanto para o pastejo como para a produção de lenha (Albuquerque, 1979).

A lenha, quer “in natura” ou carbonizada, representa uma importante fonte de energia calorífera, contribuindo com aproximadamente 15% de toda a energia nacional consumida. Na região Nordeste, a lenha e o carvão vegetal, juntos, contribuem com 22,3% da energia consumida na região, perdendo somente para a eletricidade que representa 29% do consumo (Braid, 1996). Na Paraíba, a participação da lenha e do carvão vegetal representa 41% da matriz energética no Estado.

Como fonte de renda para a Região Nordeste, o setor florestal oferece, em média, 170.000 empregos diretos e aproximadamente 500.000 indiretos (Campelo et al., 1995). Estes números mostram que o uso do recurso florestal deve ser visto com bastante preocupação pelas autoridades, uma vez que a sua falta poderá causar um grande impacto na balança comercial da região. Observando-se esta dependência da economia e da sociedade locais em relação à lenha, percebe-se a necessidade de um manejo adequado da vegetação nativa no Nordeste brasileiro.

É, portanto, necessário implantar ações e adotar medidas que colaborem com o objetivo de nortear o setor florestal. Isto pode ser implementado através da conservação dos recursos, controle da exploração e práticas silviculturais adequadas à vegetação natural, além da alternativa de se introduzirem espécies florestais viáveis economicamente e adaptáveis às condições climáticas da região.

Nos últimos anos, algumas espécies exóticas têm sido pesquisadas na região semi-árida do Nordeste Brasileiro, dentre as quais se destacam a algaroba (*Prosopis* sp.), a Acácia (*Acacia* sp.), a Leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.), o Eucalipto (*E. camaldulensis* Delmh. e *E. creba* F. Muell) e o Tamarindo (*Tamarindus indica* Lam.). Mais recentemente, duas outras espécies exóticas têm despertado a atenção

dos pesquisadores dessa região: a moringa (*Moringa oleifera* Lam.) e o nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss).

No entanto, são escassas as informações a respeito das características silviculturais e dos prováveis benefícios destas duas espécies, sob condições de plantios no semi-árido brasileiro.

Hipótese

A moringa (*Moringa oleifera* Lam.) e o nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss.) são espécies nativas de regiões áridas e semi-áridas da Índia. Nestas regiões, são espécies conhecidas e utilizadas pela população local para diversos fins. Atualmente podem ser encontradas em diversos países e regiões diferentes do seu habitat natural. No Brasil as duas espécies tem sido alvo de pesquisas.

Em se tratando de espécies de múltiplo uso e adaptadas, por origem, às condições edafo-climáticas de regiões áridas e semi-áridas, estas poderiam contribuir para com o desenvolvimento do setor florestal, mais especificamente a produção de madeira, da região semi-árida do Nordeste brasileiro, com especial ênfase o sertão paraibano.

Objetivos

- Levantar, através de revisão de literatura, informações a respeito das duas espécies;
- localizar plantações já implantadas no Brasil para coleta de dados e estimativas de produção;

- determinar a produção de biomassa (lenha, ramos e folhas) e a qualidade da madeira para fins energéticos;
- avaliar o potencial silvicultural das duas espécies como alternativas de reflorestamento para o semi-árido paraibano.

1. CARACTERIZAÇÃO DA CAATINGA – VEGETAÇÃO TÍPICA DO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO

Neste capítulo serão apresentadas informações à respeito das características climáticas predominantes da região de ocorrência da vegetação de caatinga. Em seguida será feita uma descrição geral deste tipo de vegetação, procurando enfatizar a sua diversidade, constituição, dinâmica e sucessão.

1.1. Condicionantes climáticos

A caatinga é uma floresta xerófila, também chamada mata seca ou mata branca. Este tipo de vegetação é característica de regiões atingidas pelos flagelos das secas, geralmente de baixa altitude, servidas de períodos chuvosos irregulares, cujas médias pluviométricas atingem a 500mm de chuvas anuais, mal distribuídas e de temperaturas que oscilam entre 18 e 40 graus centígrados (Tigre,1970; Branco, 1994). Na caatinga, a umidade nos solos e no ar é baixa, os solos são rasos e pedregosos, e as árvores crescem pequenas e tortuosas, resistentes ao calor, espinhosas, pouco folhosas e de folhas pequenas (Tigre,1970).

Para Golfari e Caser (1977) as caatingas ocorrem em regiões de climas tropicais com limitadas precipitações, variando entre 500 e

1000 mm anuais e concentradas num curto período de 2 a 4 meses, seguidos por um longo período de estiagem, que pode durar de 8 a 12 meses. O deficit hídrico anual varia entre 500 e 1000 mm. Estes valores podem ser observados na Figura 1, e ainda valores referentes a temperatura, umidade relativa e duração da luz solar.

O aspecto da aridez se agrava mais ainda devido à irregularidade das chuvas, normalmente torrenciais. A umidade relativa do ar se mantém em torno de 60% na época chuvosa e cai para 40% na época seca. Dependendo da localidade, a evapotranspiração potencial pode ser superior a 2000mm anuais (Campello et al, 1989).

As regiões onde prevalecem as plantas xéricas, se evidenciam pela natureza ecológico-vegetacional de suas paisagens típicas. São marcadas por uma flora singular constituídas por formações decíduais xerófilas (caatingas) e mesófilas (matas-secas), que expressam a verdadeira condição de semiaridez do ambiente (Fernandes, 1992).

O xerofilismo expressa uma condição de sobrevivência ligada a um ambiente seco, ecologicamente com deficiência hídrica, cuja água disponível provém do curto período da estação chuvosa. Tal condição fez selecionar uma vegetação singular, cujos elementos florísticos expressam morfologia, anatomia e mecanismo fisiológico convenientes para resistir ao ambiente xérico (Fernandes, 1992).

Figura 1: Cartas climáticas do Nordeste do Brasil. 1 – média anual de precipitações (mm); 2-média mensal de precipitação (mm) no período chuvoso (março); 3-média mensal de precipitação (mm) na estação seca (setembro); 4-média anual de temperatura (°C); 5-umidade média relativa (%); 6-duração média da luz solar anual (h).

1.2. Características gerais

O termo caatinga engloba uma numerosa quantidade de formações e de associações vegetais, fisionômica e florísticamente

diferentes, sendo que, dos grandes tipos de vegetação do Brasil, é a caatinga o mais heterogêneo, apresentando sempre um aspecto novo, seja de um local para outro, seja na mesma região em estações diferentes (Egler, 1951).

A riqueza florística da caatinga diminui à medida que aumenta o grau de aridez do local. A variação da forma biológica das espécies da caatinga, provocada pelas variações mesológicas, faz com que indivíduos arbóreos em alguns lugares se tornem arbustos raquíticos, quase irreconhecíveis, em outros (Egler, 1951).

A caatinga predomina como vegetação natural na região semi-árida do Nordeste brasileiro (Figura 2). A caatinga, a começar pelo nome, é cheia de mistérios. A maior parte dos pesquisadores concorda que a palavra é de origem tupi, derivada de *caa* (mato, vegetação) e *tinga* (branco). O que caracteriza essa vegetação, que se estende a perder de vista sobre as chapadas nordestinas, é a sua homogeneidade, isto é, o aspecto sempre igual, que presenciamos quer caminhemos 500 quilômetros para o interior ou mais de 1000 quilômetros no sentido norte-sul, desde o Ceará até Minas Gerais (Branco, 1994).

Segundo Fernandes (1992) a denominação *caatinga* adotada por Martius que a visualizou como *Silva aestu aphylla*, ou ainda como *Silva horrida*, é de uso corrente e já consagrada na terminologia brasileira, com reflexos na nomenclatura internacional. O termo, porém, generalizou-se no Nordeste para designar qualquer comunidade padronizada pelo aspecto fisionômico, resultado da caducifolia da vegetação no período seco, assumindo aspecto tropofítico e refletindo a semiaridez do polígono das secas.

Figura 2: Área de distribuição da vegetação de caatinga no Nordeste brasileiro (Parte hachureada). Adaptado de Kirmse et al. (1983).

O domínio da caatinga é mais expressivo dentre as formações florestais que tipificam o Nordeste. Na sua constituição, além das espécies vegetais xerófilas, lenhosas, decíduas e comumente espinhosas,

não é rara a presença de espécies suculentas e estrato herbáceo estacional (Gomes, 1981; Isaia e Barcellos, 1992). Seja qual for a origem do seu nome, é o tipo de vegetação que abrange a maior parte do Nordeste brasileiro, ocupando uma área de aproximadamente 800.000 km².

Como característica peculiar deste tipo de vegetação, observam-se três mecanismos de adaptação à seca: a resistência das espécies que permanecem com folhas verdes no período seco, como o juazeiro (*Zizyphus joazeiro*) que consegue retirar água a grandes profundidades do solo (Hueck, 1972); a tolerância das espécies caducifólias que perdem as folhas no início da estação seca, como o pau branco (*Auxemma oncocalix*) e o escape das plantas anuais que completam o ciclo fenológico durante a época de chuvas, como a milhã branca (*Brachiaria plantaginea*) (Lima e Galvão, 1984; Lima et al, 1994; Araújo Filho e Carvalho, 1996; Araújo Filho, 1996).

Na descrição da vegetação de caatinga é difícil explicar sua estrutura, a altura das árvores e sua densidade, pois este tipo de vegetação é muito variável em todas estas características (Kuhlman, 1977).

Botanicamente, a caatinga constitui-se de um conjunto de formações arbóreo-arbustivas, sendo as primeiras caducifólias e as últimas anuais, em sua grande maioria, com predominância de espécies da família leguminosae, às vezes associadas a euforbiáceas e cactáceas (Golfari e Caser, 1977).

Segundo Ferreira (1988) a definição dos tipos ou formas de caatinga, principalmente baseando-se nos aspectos florísticos ou fisionômicos, ainda hoje é polêmica.

A diversidade dos tipos de caatinga pode ser determinada pelo jogo mais sensível dos fatores físicos, acrescidos dos fatores biológicos. Enquanto o clima semi-árido é o fator que determina a ocorrência do

tipo geral de vegetação – a caatinga, a altitude e as formas do relevo, aliadas às formações superficiais, são os fatores determinantes da variação nos tipos de caatinga (Gomes, 1980).

Lins e Medeiros (1994) através de mapeamento da cobertura florestal nativa do Estado da Paraíba, identificaram os seguintes tipos de caatinga: Caatinga arbórea, normalmente encontrada nos topos das serras; caatinga arbustiva-arbórea fechada, encontrada em todas as formações de relevo no agreste, sertão e borborema, sendo que o estrato arbustivo está compreendido entre 3 e 4 metros de altura e o arbóreo entre 7 e 8 metros; caatinga arbustiva-arbórea aberta, ocorre em áreas decorrentes de desmatamentos, tal formação encontra-se em fase de regeneração, com altura variando entre 2 e 3 metros; e por último caatinga parque que corresponde a uma formação antrópica.

Dentro da sua dinâmica as espécies lenhosas, arbustos e árvores de pequeno porte, dominam a paisagem da caatinga, em seus mais diferentes sítios ecológicos. Suas características fitossociológicas densidade, cobertura e frequência são determinadas, principalmente, pelas variações locais de topografia, tipo de solo e pluviosidade. No caso da densidade de espécies lenhosas, foram encontrados valores que variam de 100 até mais de 40.000 plantas/ha, com cobertura de menos de 10% até 100% (Araújo Filho e Carvalho, 1996).

O que chama a atenção no componente herbáceo é a ausência quase completa de espécies perenes e a presença marcante de espécies efêmeras, ou seja, as que completam seu ciclo fenológico nos primeiros 45 dias, após o início das chuvas. A participação do estrato herbáceo na composição da produção de fitomassa da caatinga varia em função da cobertura das espécies lenhosas. Os estádios da sucessão secundária na caatinga podem variar de acordo com as características e condições dos diferentes sítios ecológicos. A sequência, em geral, é semelhante, mudando, no entanto, os indicadores vegetais, a direção e a velocidade.

O modelo, em linhas gerais, se desenvolve ao longo da seguinte seqüência: 1 – Estádio herbáceo – com duração de 1 a 3 anos; 2 – Estádio arbustivo – com duração de 10 a 15 anos; 3 – Estádio arbustivo-arbóreo – com duração de 20 a 25 anos; e 4 – Estádio arbóreo-arbustivo – após os 40 anos (Araújo Filho e Carvalho, 1996).

Entre os fatores que mais influenciam a sucessão, destaca-se o solo, por suas características físicas, químicas e biológicas. As correlações solo versus vegetação se fazem sentir com mais intensidade, à medida em que a sucessão secundária se aproxima do clímax. Todavia, ao longo das diferentes fases sucessionais, os indicadores vegetais estão correlacionados com as características do solo. Assim, nos solos de boa drenagem, fertilidade natural adequada e pH acima de 5,5, o marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.) constitui o indicador do estágio arbustivo e sua dominância se prolonga até a fase arbustivo-arbórea. Por outro lado, nos solos de drenagem limitada, ácidos e de fertilidade natural baixa, a jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poir.) constitui o indicador do estágio arbustivo (Araújo Filho e Carvalho, 1996).

Essas duas espécies podem ser consideradas como indicadoras de uma sucessão secundária, e sua tendência ao longo do processo é de redução da densidade, que pode alcançar valores de 40000 plantas/ha na fase inicial, diminuindo para menos de 1000 plantas/ha nos estádios finais da sucessão (Araújo Filho e Carvalho, 1996). Ainda de acordo com esses autores acima de 80% da vegetação da caatinga são sucessionais, cerca de 40% são mantidos em estado pioneiro de sucessão secundária e a desertificação já se faz presente em, aproximadamente, 15% da área.

Queiroz (1985) citado por Leite et al (1994), enfatiza as variações topográficas e climáticas na definição de subdivisões da caatinga.

Na região de Serra Talhada, município do sertão pernambucano, através de pesquisas desenvolvidas pelo Instituto de Pesquisas

Agropecuárias (IPA), verificou-se que em áreas de caatinga intacta, a densidade de plantas é de aproximadamente 37000/ha, o número de espécies de 29/ha e a cobertura do solo em torno de 70% (Silva, 1996).

Segundo Rodal (1992) citado por Sampaio (1994), os levantamentos de caatingas mostram que a distribuição das espécies arbustivas e arbóreas é desuniforme.

A maioria destes levantamentos apresentam valores entre 20 e 40 espécies arbustivas e 3 e 4 espécies arbóreas, o que indica uma grande diversidade entre locais, sendo que a sua preservação requer a manutenção de múltiplas áreas espalhadas por todo o território da região (Sampaio, 1994).

1.3. Principais espécies arbóreas de interesse econômico no Semi-Árido Nordeste

Dentre as espécies lenhosas na região semi-árida do nordeste, que apresentam importância econômica, podem ser citadas o pau branco (*Auxemma oncocalix*), jurema preta (*Mimosa acutistipula*), marmeleiro (*Croton hemiangereus*), mofumbo (*Combretum leprosum*), sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), faveleira (*Cnidoscolus phylacanthus*), pereiro (*Aspidosperma pyriforme*), juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), jucazeiro (*Caesalpinia ferrea*), aroeira (*Astronium urundeuva*) e oiticica (*Licania rigida*) (Leite et al, 1994). A seguir são citadas as principais características de cada uma dessas espécies.

• Pau-branco

Trata-se de uma espécie que pode atingir de 6 a 8 metros de altura. O pau-branco apresenta alburno claro e cerne castanho escuro, resistente, tem larga aplicação como madeira serrada, sendo usado em

construções (caibros e ripas), caixotaria e outras finalidades. É considerado de baixo valor forrageiro para caprinos e ovinos (Kirmse et al., 1983; Lima, 1989)

- **Jurema-preta**

A jurema-preta é um arbusto de 4 a 6 metros de altura, planta xerófila típica da região semi-árida brasileira. A madeira desta espécie é amplamente utilizada como varas ou estacas para cercas, lenha ou carvão. O carvão produzido com a madeira de jurema-preta é considerado de alto poder calorífico, sendo esta preferida em relação a outras espécies nativas. Pode ser uma importante fonte de forragem em períodos críticos de estiagem (Kirmse et al., 1983; Lima, 1989; Ribaski & Lima, 1997).

- **Marmeleiro**

Espécie que apresenta grande resistência à seca e uma considerável capacidade de rebrota na época das chuvas. Tem porte ereto, pouco ramificada, chegando a atingir 6 a 8 metros de altura e um diâmetro, na base, de 6 a 8 cm. Devido ao óleo essencial que produz, a planta apresenta um perfume agradável, com propriedades idênticas às do “fuel-oil” do petróleo. Daí um dos usos potenciais da espécie. A madeira é usada geralmente em pequenas construções e em menor escala como lenha. Tem baixo valor como forrageira (Kirmse et al., 1983; Ribaski & Lima, 1997).

- **Sabiá**

Árvore de pequeno porte, 4 a 8 metros de altura e DAP de até 20 cm. O tronco apresenta espinhos, que desaparecem com a idade. É uma das principais espécies fonte de varas para cercas no Nordeste. A

madeira também é utilizada para lenha e carvão. As folhas, verdes ou secas, assim como as vagens, são excelente forrageira. Devido à sua resistência à ação de decompositores de madeira, esta é indicada para cercas. O sabiá é considerada um planta melífera de boa qualidade, tanto em condições naturais ou cultivado para este fim específico (Kirmse et al., 1983; Lima, 1989; Ribaski & Lima, 1997).

- **Catingueira**

A catingueira é uma das espécies de mais ampla dispersão, podendo chegar a atingir 10 metros de altura e um diâmetro de até 50 cm. Assim como o pereiro, esta espécie rebrota com intensidade quando cortada, o que nem sempre acontece com outras espécies da caatinga. A madeira não é considerada de boa qualidade para usos em construção, no entanto como lenha e na produção de carvão, é preferida. As folhas, flores e casca da planta tem alguns usos terapêuticos na medicina popular (Kirmse et al., 1983; Lima, 1989).

- **Faveleira**

Árvore das caatingas secas hiperxerófilas de solos argilo-arenosos, de 3 a 7 metros de altura, irregularmente esgalhada, profusamente armada de espinhos cáusticos. Toda a planta contém látex abundante, de cor branca. A faveleira vem sendo considerada com planta forrageira, sendo o caule novo, folhas e ramos, reduzidos a farelo, e fornecido com alimento para as pequenas criações. Porém a grande importância da faveleira esta em suas sementes, dando a esta planta uma posição de destaque como produtora de óleo alimentício e de farinha, rica em sais minerais e proteínas. O emprego do óleo comestível estará na dependência de se conseguir uma variedade que não esteja armada de

espinhos e, ainda mais, não deiscentes. A madeira é pouco utilizada, em parte devido sua baixa densidade (Braga, 1976; Lima, 1989).

- **Pereiro**

Esta espécie tem larga distribuição em toda zona das caatingas, principalmente nos solos mais compactos. Pode atingir até 9 metros de altura, mas em média, na caatinga densa, atinge 5 metros. Não tem valor forrageiro e as sementes são tidas como tóxicas. O pereiro tem uma grande facilidade de rebrota quando cortado. A madeira é bastante apreciada em trabalhos de carpintaria e marcenaria, para a construção de pequenos móveis. Mais recentemente, vem sendo usada no fabrico de tacos para piso. Em menor escala é usado como lenha e carvão (Braga, 1976; Kirmse et al., 1983; Lima, 1989).

- **Juazeiro**

O juazeiro é inconfundível na paisagem da caatinga, pois mesmo em estiagens prolongadas, mantém sua copa verde. Árvore de 4 a 10 metros de altura, crescendo com porte variável conforme o local onde se desenvolve. As folhas e ramos são usados como forragem. O fruto maduro, rico em vitamina C, constitui uma boa fonte de alimento para o homem, procurado também pelos animais. A entrecasca, rica em saponina, serve de sabão e dentífrico (Braga, 1976; Kirmse et al., 1983; Lima, 1989).

- **Aroeira**

Árvore comum nas caatingas, atinge em média 8 a 10 metros de altura, mas dependendo do tipo de solo, pode atingir até 25 metros de altura e DAP de até 50 cm. Sua madeira, de grande resistência mecânica e também resistente a decompositores orgânicos naturais, é

muito usada para vigamentos de construções, postes, estacas e quaisquer outras aplicações que necessitem de madeira dura e pesada (Kirmse et al., 1983; Lima, 1989).

- **Oiticica**

A oiticica geralmente ocorre às margens de vários rios do Nordeste. Pode atingir até 15 metros de altura e o seu tronco de 60 a 100 cm de diâmetro. A madeira, branca, de fibras entrelaçadas, muito resistente ao esmagamento, é usada na confecção de rodas. Entretanto, o aproveitamento econômico da oiticica reside na extração de óleo contido em suas sementes (60%), próprio para tintas e vernizes, de alto teor secativo. No Estado da Paraíba é onde mais se tem feito o seu aproveitamento (Braga, 1976; Kirmse et al., 1983; Lima, 1989).

- **Angico**

O angico em geral apresenta altura de 7 a 15 metros de altura e pode alcançar diâmetro de 30 a 40 cm. É uma espécie de rápido crescimento nas condições da região semi-árida. A madeira é utilizada em construção civil e em propriedades rurais, sendo os principais usos como tábuas, vigas, portas, estacas e dormentes. Possui alta resistência mecânica, alta durabilidade e resistência a decomposição. Como energético, tem sido usada principalmente para lenha e carvão. As folhas, quando verdes ou murchas, são consideradas tóxicas para os bovinos. A casca, rica em tanino, é largamente usada na indústria de curtumes (Braga, 1976; Kirmse et al., 1983; Lima, 1989; Ribaski & Lima, 1997).

2. PECULIARIDADES DO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO

Neste capítulo será enfocada a importância da vegetação de caatinga para a região semi-árida paraibana. Em seguida, são mencionadas algumas iniciativas florestais introduzidas por instituições de pesquisas que atuam no Estado. Por último, relatam-se iniciativas de introdução de espécies florestais exóticas na região.

2.1. O valor sócio-econômico da caatinga

O Estado da Paraíba, com uma área de 56.584 Km² possui uma população de 3.305.616 habitantes de acordo com último censo demográfico do IBGE (1996). Deste total, cerca de 25% vivem na região semi-árida do Estado, sendo 49% na zona rural e 51% na zona urbana (IBGE, 1996). Isto significa que cerca de 404.000 habitantes residem na zona rural da região semi-árida paraibana.

No Estado da Paraíba o uso da madeira para fins energéticos é intenso e de importante contribuição, tendo em vista que a lenha e o carvão vegetal são considerados uma das principais fontes de energia para uso doméstico e industrial.

De acordo com Meira et al (1994), na Paraíba, são consumidos cerca de 6,8 milhões de estéreos de lenha por ano, dos quais 75,3% pelo setor domiciliar e 24,7% pelo setor industrial. Neste consumo, estão

incluídos produtos como lenha, carvão vegetal, varas, estacas, mourões, sendo que a lenha propriamente dita ou na forma de estacas, tem uma participação relativamente expressiva em relação aos demais (Figura 3).

A energia da biomassa florestal representa a segunda fonte de energia consumida na região Nordeste, perdendo somente para a eletricidade que contribui com 29% (Braid, 1996). Com relação ao estado da Paraíba esta participação é de aproximadamente 50%, ou seja os produtos florestais ocupam o primeiro lugar na matriz energética (Meira et al, 1994)

Figura 3: Distribuição entre cinco grupos principais de utilização dada à madeira no Estado da Paraíba. (Fonte: Nóbrega e Lima, 1994).

Este grau de dependência da economia local com relação a um fator renovável, revela potenciais problemas que poderiam decorrer de uma escassez desta fonte. Os recursos florestais desempenham um

papel fundamental no contexto da economia informal e na formação da renda das famílias, tornando-se uma das únicas alternativas econômicas nos períodos das estiagens e contribuindo, assim, para a fixação do homem no campo (Campello et al, 1995; Braid, 1996).

Os produtos florestais utilizados na Paraíba normalmente são provenientes de desmatamentos realizados em áreas que posteriormente serão destinadas a cultivos agrícolas ou formação de pastagens para a pecuária, e de exploração da vegetação nativa. Os itens de custo que mais afetam a formação do preços destes produtos são a mão-de-obra para obtê-los e o valor do transporte.

Em trabalho desenvolvido por Nóbrega e Lima (1994), verificou-se que é baixo o custo médio anual para o consumo de lenha como fonte energética para o pequeno produtor rural, comprovando-se a importância vital deste recurso. Este custo é de aproximadamente 5 dólares por estêreo de lenha, incluída a taxa de reposição florestal, que representa 12% deste valor.

O Semi-árido ocupa aproximadamente 70% do território paraibano, e abastece os setores domiciliar, comercial e industrial com matéria prima energética proveniente da caatinga, esta adaptada às adversidades climáticas e edáficas (Brasil, 1978 ; Meira et al, 1994).

De acordo com Brasil (1978) esta região representa em torno de 4 milhões de hectares, sendo que a silvicultura é uma atividade pouco expressiva em termos de espaço, e limitada às terras que não apresentam aptidão para usos mais intensivos.

Segundo informações fornecidas pela Unidade Setorial de Planejamento da Secretaria de Finanças do Estado, o setor florestal contribuiu com apenas 1% do total arrecadado de ICMS na Paraíba, o que correspondeu aproximadamente a 632.000 dólares no primeiro semestre de 1992. Convém ressaltar que parte da produção não chega a

ser tributada, a mesma se refere ao autoconsumo nas propriedades e a sonegação fiscal (Nóbrega & Lima, 1994).

Analisado somente sob este aspecto observa-se que o setor florestal no Estado, em termos de arrecadação do ICMS, contribui de forma bastante reduzida. No entanto, observando-se o consumo final de energéticos florestais (Figura 4), percebe-se a importância do setor para a economia paraibana. Isto ocorre, principalmente, porque a lenha e o carvão vegetal, ainda nos dias de hoje, são as principais fontes energéticas no Estado, quer no setor industrial (panificadoras, olarias), quer no setor doméstico. Para as populações de baixa renda, e principalmente a população rural, a lenha e o carvão vegetal são presença constante em suas residências.

Figura 4: Consumo de energéticos florestais no Estado da Paraíba (%/ano). Fonte: Meira et al. (1994).

Ao se comparar os dados obtidos, verifica-se que o consumo de lenha mais carvão vegetal entre os dois últimos anos da pesquisa, apresentou um incremento de 23 pontos percentuais, o que mais uma vez vem reforçar a importância dos recursos florestais para o desenvolvimento do Estado.

A produção florestal no Estado é variável, muitas vezes dependendo da diversidade de características das mesorregiões. Desta forma, ocorre que nas áreas onde a intensidade de ocupação humana é acentuada, o nível de atividades também o é e, conseqüentemente, a cobertura florestal é mais escassa. O contrário ocorre em regiões onde a intensidade de ocupação é menor.

De acordo com o levantamento sócio-econômico do Estado da Paraíba realizado por Nóbrega & Lima (1994), em 53,9% das propriedades rurais observa-se a ocorrência de exploração florestal, sendo que deste percentual, apenas 0,5% comercializa os produtos obtidos, e os 99,5% restante seriam destinados para o consumo próprio. No caso específico da lenha, produto mais utilizado com fins energéticos nas propriedades, sua exploração ocorre em pelo menos 75,8% dessas propriedades.

O recurso florestal é parte integrante do sistema produtivo rural, seja como fonte de lenha ou como fonte forrageira para alimentação dos rebanhos. No Estado, os pequenos produtores (propriedades < 10ha) são os mais carentes de produtos florestais. Isto em parte se deve à pouca área, cerca de 12,6 %, com cobertura florestal nessas propriedades (Nóbrega e Lima, 1994).

2.2. Desafios para o desenvolvimento do setor rural

A importância do meio rural deriva não apenas da contribuição do setor agrícola, através do fornecimento de alimentos à população e de

matéria-prima para a indústria, mas, também, da contribuição do setor florestal e pecuário.

No estado da Paraíba, cerca de 50% da população vive no meio rural (IBGE, 1996). Desta forma, este setor, pela sua dimensão, pelo seu papel no desenvolvimento econômico e pelo universo populacional que concentra, deve merecer uma atenção especial.

Tecnologias que visem o desenvolvimento rural devem buscar a modernização dos setores e o bem-estar da população rural, sem no entanto agredir o meio-ambiente.

Para Virgínio Filho (1996), as características ambientais naturais da região semi-árida, não são a causa fundamental do flagelo que afeta grande parte da população local. Aspectos ligados ao uso inadequado dos recursos naturais e ao modelo social, político e econômico estabelecidos ao longo da história, configuram a causa base de grande parte dos problemas que afligem as populações.

O desenvolvimento do meio rural na região semi-árida deve estar voltado para um modelo que leve em consideração fatores ecológicos, sociais e econômicos. É importante garantir um nível mínimo de produção, seja no setor agrícola, florestal ou pecuário, mesmo nos anos de seca. Isso pode ser atingido através de ações como a agricultura irrigada, utilização de espécies vegetais e animais adaptadas às condições edáficas e climáticas da região. É necessário, também, garantir a preservação dos solos, das bacias hidrográficas, da fauna e da flora local.

Metodologias importadas e usadas na região, como exemplo o uso da aração e pastoreio intensivos, sem o conhecimento específico da realidade agroecológica regional (solos rasos e pedregosos não suportam técnicas desenvolvidas para solos ricos e profundos de climas úmidos), produziram nos últimos anos uma exploração predatória, ocasionando

prejuízos à diversidade e estrutura ambiental da região, com empobrecimento de seus recursos naturais.

Dentre os vários problemas que a região enfrenta hoje, estão aqueles oriundos dos sistemas de irrigação mal planejados. Estima-se que de 25 a 30% dos solos da região, inseridos em perímetros irrigados, estão afetados por processos de salinização (Brasil, 1991). Na maioria das vezes, essas áreas se encontram abandonadas devido aos baixos índices de produtividade que apresentam e o alto custo de recuperação. Um outro problema diz respeito à demanda de produtos da vegetação da caatinga, a qual está seriamente comprometida, principalmente a lenha para uso industrial e doméstico, considerada uma fonte energética importante no Estado da Paraíba.

O estoque da vegetação nativa do Estado, que é estimado em 163,4 milhões de estéreos, analisado de maneira estática, suporta 28 anos de uso, considerando os atuais métodos de exploração (Meira et al, 1994). Entretanto, o manejo será evidentemente não sustentável se o consumo continuar apresentando tendência a superar a taxa de recuperação natural dessa vegetação.

Algumas instituições que atuam no estado (EMBRAPA/CNPA¹, INTERPA², UFPB/CSTR-CCT³, EMEPA⁴, EMATER-PB⁵, IBAMA⁶) vêm desenvolvendo e difundindo, nos últimos anos, pesquisas no sentido de criar tecnologias apropriadas para a região, as quais objetivam a melhoria das condições de vida da população do semi-árido.

A EMATER-PB, já na década de 70, preocupada com a exploração e o uso intensivo da vegetação do semi-árido, difundiu junto à

¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa do Algodão.

² Instituto de Terras e Planejamento da Paraíba.

³ Universidade Federal da Paraíba (Centro de Saúde e Tecnologia Rural e Centro de Ciências e Tecnologia)

⁴ Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba.

⁵ Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Paraíba.

⁶ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

população rural que utiliza a lenha como energético, modelos de fogões melhorados, com o objetivo de diminuir a pressão exploratória sobre a caatinga e aumentar o rendimento da lenha ou eficiência energética (Meira et al, 1994).

A EMBRAPA através do Centro Nacional de Pesquisas do Algodão (CNPQ), visando o manejo e conservação dos solos do Estado, adaptou técnicas de baixo custo para as diferentes regiões, especialmente aquelas produtoras de algodão, amendoim e gergelim, visando o controle de erosão e degradação do solo (EMBRAPA, s/d).

O IBAMA tem procurado difundir entre os produtores rurais e consumidores de produtos florestais, técnicas que visam o manejo da caatinga, tanto com fins de preservação, como de utilização constante sem provocar um desequilíbrio ambiental. Através de experiências desenvolvidas por este órgão, verificou-se que na região Seridó (RN), a caatinga manejada através de corte seletivo apresentou um IMA de 5 st/há^{-1} com ciclo de corte de 13 anos (BRASIL/MMA, 1996).

O Departamento de Engenharia Florestal da UFPB/CSTR, vem nos últimos anos desenvolvendo trabalhos de pesquisa, relacionados a espécie exótica algaroba (*Prosopis juliflora*), inclusive em convênio com instituições internacionais. Os trabalhos relacionados com a vegetação nativa da região – a caatinga, consistem na produção de mudas em viveiros, na avaliação do potencial tanífero de espécies, na produção e decomposição de serrapilheira em áreas de caatinga, dentre outros.

Verifica-se que as instituições que atuam no meio rural da região semi-árida, têm procurado pesquisar e estimular ações com o objetivo de promover o desenvolvimento do setor na região. Estas ações devem continuar sendo estimuladas, como por exemplo: o apoio ao desenvolvimento de tecnologias adaptadas às características sócio-ambientais do semi-árido; o incentivo do aumento de produção e produtividade, com a conservação e melhoramento genético das espécies

produtivas existentes; e à introdução de novas espécies adaptadas às condições da região.

A introdução de espécies exóticas, quando adaptadas às condições da região, podem vir a ser uma alternativa para suprir a demanda de lenha, bem como uma nova opção de forragem para as criações. Por outro lado, estas espécies podem também ser utilizadas na recuperação de áreas degradadas, na proteção de mananciais e em reflorestamentos.

2.3. Introdução de espécies florestais exóticas

Diversas espécies florestais exóticas têm sido estudadas na região semi-árida, podendo-se destacar a algaroba (*Prosopis* sp.) e a leucena (*Leucaena leucocephala*), dentre outras. Nos últimos anos, novas espécies exóticas vêm sendo experimentadas na região.

Lima (1982), analisando o comportamento silvicultural da leucena (*Lecaena leucocephala*) e a sua potencialidade em sistemas agro-silviculturais no semi-árido brasileiro (Petrolina-PE) , e comparando o seu desenvolvimento com *Eucalyptus alba* e *Prosopis juliflora*, concluiu que o cultivo da espécie é viável na região.

De acordo com Andrade (1984), alguns experimentos florestais no semi-árido do Nordeste, conduzidos através de cooperação entre instituições de pesquisa, têm usado espécies florestais exóticas tais como: algaroba (*Prosopis* sp.), cinamomo, casuarina, teca, gmelina e eucalipto. Quanto à natureza dos trabalhos, geralmente se trata de ensaios de procedência, produção de biomassa, utilização como forragem, comportamento e adaptação.

Várias pesquisas com a algaroba (*Prosopis* spp.) vêm sendo realizadas na região. Drumond et al, (1984), comenta que a alta sobrevivência no campo (em torno de 97%), aliada ao bom desenvolvimento em altura (17 m aos 4 anos de idade) colocam a

algaroba em posição de destaque, entre as espécies potenciais para a região semi-árida do Nordeste brasileiro. A sua utilização implicaria na preservação de espécies nativas de reconhecido valor, mas de qualidades silviculturais limitadas.

Estudos relacionados com os efeitos hidrológicos do reflorestamento e desmatamento em microbacias experimentais em Cruzeta-RN, dentro da região semi-árida do Brasil, foram desenvolvidos por Andrade et al (1984). Nesse estudo foram utilizadas três microbacias, sendo uma reflorestada com algaroba (*Prosopis* sp.), outra desmatada, e uma última ocupada com a vegetação nativa (caatinga). Verificou-se que as microbacias reflorestada e desmatada apresentaram os maiores coeficientes de escoamentos mensais.

Silva et al. (1984) avaliou espécies de gramíneas e leguminosas, nativas e exóticas, com o objetivo de ampliar a diversidade genética do germoplasma de plantas forrageiras, adaptadas e promissoras, para a região semi-árida do Brasil. Dentre as arbustivas, destacaram-se a *Leucaena leucocephala*, *Cajanus flavus* e *Prosopis juliflora*.

Lima (1984) e Lima e Galvão (1984) citam a criação do Programa Nacional de Pesquisa Florestal (PNPF) nas regiões semi-áridas dos Estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, com objetivo básico de aumentar a produtividade econômica dos povoamentos de algaroba (*Prosopis* spp.), nas regiões semi-áridas, sem contudo provocar alterações ecológicas indesejáveis, e gerar tecnologia que permita a sua incorporação definitiva na economia regional.

Lima (1986) relata a produtividade da leucena para fins energéticos e de folhas como forragem, aos quatro anos de idade, em plantios realizados sob diversos espaçamentos, em Petrolina (PE), região semi-árida do Brasil. Com os resultados obtidos o autor verificou uma maior sobrevivência para as plantas instaladas em espaçamentos mais largos (3 x 2,5 m, sobrevivência de 84%), e maiores produção em

volume e peso de madeira para os espaçamentos menores (1 x 1 m, volume de 33,9 m³/ha e peso de 17,0 t/ha).

Em outro experimento Lima (1986)² examinou a produtividade de madeira e forragem das espécies leucena (*Leucaena leucocephala* LAM), algaroba (*Prosopis juliflora* SW.DC), eucalipto (*E. camaldulensis* Dehuh e *E. crebra* Muell.) e angico (*Anadenanthera macrocarpa* Benth) plantadas em Petrolina(PE), zona semi-árida do Nordeste brasileiro. Aos cinco anos de idade a espécie *E. crebra* apresentou maior produtividade de madeira (24 m³.ha⁻¹) e o angico a menor (3 m³.ha⁻¹). De acordo com o autor estes valores são baixos se comparados com espécies de regiões úmidas, mas para zonas áridas são considerados moderados. Com relação a produtividade de forragem, a leucena apresentou maior valor (7,5 t.ha⁻¹).

Com a finalidade de demonstrar a possibilidade da integração da atividade florestal à produção agropecuária, bem como sua contribuição para o equilíbrio do balanço demanda/oferta de produtos florestais na região do Seridó do Rio Grande do Norte, localizada no semi-árido do Nordeste brasileiro, Campello et al (1989), analisaram alternativas de produção florestal, tanto de reflorestamentos com algaroba (*Prosopis juliflora* SW, DC) quanto de manejo da mata nativa (caatinga). Esta análise foi feita levando-se em consideração os pontos de vista técnico-florestal, econômico-financeiro e aspectos sociais. Após a avaliação, foram escolhidas as alternativas de manejo sustentado da mata nativa, plantios peridomésticos e reflorestamentos de alta densidade nas várzeas.

Andrade (1990), com a finalidade de selecionar espécies de *Eucalyptus* para o semi-árido norte-riograndense, instalou um ensaio de competição de espécies deste gênero no município de Pedro Avelino-RN, em área pertencente à empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. As espécies avaliadas foram: *E. alba*, *E. brassiana*, *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. drepanophylla*, *E. exserta*, *E. polycarpa* e

E. tessellaris. Aos quatro anos o autor constatou índices de sobrevivência das espécies que variaram entre 67% (*E. citriodora*) a 100% (*E. polycarpa*). As espécies *E. brassiana*, *E. camaldulensis*, *E. citriodora* e *E. exserta*, através de estimativa de volume cilíndrico, se sobressaíram com IMA igual e/ou superior a 10 m³. ha⁻¹.

Outro ensaio de procedência de eucalipto, desta vez com apenas uma espécie, o *Eucalyptus crebra*, foi desenvolvido em Petrolina (PE), onde se avaliou o desenvolvimento de oito diferentes procedências, dentre as quais apenas três se sobressaíram em termos de volume cilíndrico de madeira, variando entre 8 e 10,7 m³/ha, isto aos quatro anos de idade, tornando-se potenciais para reflorestamento na região semi-árida (Oliveira e Lima, 1990).

Pesquisas objetivando a utilização de sistemas integrados de espécies forrageiras nativas em consórcio com espécies florestais exóticas, tem apresentado resultados satisfatórios (Ribaski, 1994; Guimarães Filho e Soares, 1997).

Espécies arbóreas e arbustivas de uso múltiplo têm sido utilizadas em sistemas agroflorestais na região semi-árida do Nordeste brasileiro. Segundo Lima (1994) estas espécies, cultivadas com propósitos produtivos ou protetivos, são priorizadas, principalmente nas pequenas propriedades, em função da necessidade de lenha e forragem, sendo as mais plantadas a algaroba, a leucena e o sabiá. Na tabela 1 encontram-se relacionadas algumas espécies florestais de uso múltiplo encontradas em sistemas agroflorestais no semi-árido nordestino.

Tabela 1: Espécies de uso múltiplo encontradas em sistemas agroflorestais na região semi-árida do Nordeste brasileiro.

PRÁTICA UTILIZADA	ESPÉCIE ARBÓREO/ARBUSTIVA UTILIZADA
Quebra vento	<i>Cocos nucifera</i> (coco), <i>Psidium guayava</i> (goiaba), <i>Eucalyptus</i> sp, <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> (sabiá)
Cêrca viva	<i>Euphorbia gymnoclada</i> (avelós), <i>Peireskia aculeata</i> (quiabento)
Estaca viva	<i>Commiphora leptophloeos</i> (imbura de cambão)
Florestamentos	<i>Prosopis juliflora</i> (algaroba)
Árvores em linha	<i>P. juliflora</i> , <i>Casuarina equisetifolia</i> , <i>Tamarindus indica</i> (tamarindo), <i>Terminalia cattapa</i> (castanheira)
Árvores com culturas agrícolas	<i>P. juliflora</i> , <i>Cocos nucifera</i> , <i>Cocos coronata</i> (licuri)
Pastagem nativa	Vegetação da caatinga (<i>Mimosa hostilis</i> (jurema), <i>Auxema onocalyx</i> (pau branco), <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (angico), <i>Caesalpinia pyramidalis</i> (catingueira), <i>Cnidoculus phyllacantus</i> (favela), <i>Manihot</i> sp (manicoba), <i>Spondias tuberosa</i> (umbuzeiro))
Árvores em pastos	<i>Bauhinia</i> sp (mororó), <i>S. tuberosa</i>
Horto caseiro	<i>T. cattapa</i> , <i>P. juliflora</i> , <i>P. guayava</i> , <i>Annona</i> spp (graviola, pinha), <i>Mangifera indica</i> (manga), <i>Anacardium occidentale</i> (cajû), <i>Delonix regia</i> (flamboyant), <i>Spondias mombim</i> (cajá).

Fonte: Lima (1994).

Ribaski (1996) apresenta as experiências do CPATSA/EMBRAPA, em termos de sistemas agroflorestais para o semi-árido, nos seus 15 anos de existência. As pesquisas procuram associar espécies arbóreas com culturas alimentares, além de espécies forrageira. Alguns dos modelos pesquisados são: Milho com algaroba, *Eucalytus tereticornis* e *Eucalyptus calmadulensis*, Caatinga com capim bufel e leucena, Algaroba com palma gigante e *E. calmadulensis* e capim urocloa.

Araújo (1997), com o objetivo de verificar os efeitos do estresse salino no processo germinativo da *Moringa oleifera* Lam, desenvolveu experimento em casa de vegetação, onde os tratamentos consistiram em

diferentes soluções salinas. Foram avaliados a percentagem de germinação, o índice de velocidade de germinação (IVG), o comprimento de radícula e a altura de plântulas. Em todos os tratamentos usados verificou-se que 100% das sementes germinaram, o que pode indicar uma tolerância inicial da espécie à salinidade. No entanto o autor recomenda novos estudos com a referida espécie, em condições de campo.

Lima (1998) atualmente está conduzindo experimento no CPATSA/EMBRAPA, com a finalidade de verificar o desenvolvimento da espécie nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss). Nessa pesquisa estão sendo avaliados a sobrevivência, crescimento em altura e diâmetro, número de bifurcações e resistência a pragas e doenças das plantas. Aos três meses de idade a sobrevivência foi de 100%. Com relação às características fenológicas, constatou-se que as fenofases floração e frutificação ocorreram em algumas plantas, independente do espaçamento adotado, a partir do mês de fevereiro se estendendo até fins de março, aos dois anos de idade. A pesquisa está em andamento.

3. MORINGA E NIM INDIANO – POTENCIAL DE USO NAS CONDIÇÕES PARAIBANAS

Nesta parte do trabalho são fornecidas informações a respeito das características botânicas e a origem das espécies moringa (*Moringa oleifera* Lam.) e nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss). Em seguida são apresentadas as exigências das espécies, relacionadas com as condições climáticas e edáficas. No que se refere aos aspectos silviculturais, relatam-se as características e principais formas de utilização de ambas as espécies. Por último justifica-se a necessidade de novas pesquisas, tomando como base a escassez de informações sobre estas duas espécies.

3.1. Características botânicas e origem

3.1.1. Moringa (*Moringa oleifera* Lam.)

A moringa (*Moringa oleifera* Lam. ou *Moringa pterygosperma* Gaertn.) (Figura 5), é uma árvore de pequeno à médio porte, com casca lisa e leve. As folhas são arranjadas em espiral, com 25 a 45 cm de comprimento, existindo cerca de cinco pares de folhas, e uma terminal que é maior que as anteriores e mais ou menos elíptica. Têm coloração verde-azulada na parte inferior e verde clara na superior. São ovaladas ou obovaladas, base aguda, obtusa ou circular, freqüentemente oblíqua, ápice obtuso, circular ou crenado.

Figura 5: Moringa (*Moringa oleifera* Lam.). Planta com cerca de 4,5 anos de idade. Local: São Mamede-PB. Foto: Cleytson Dutra.

As flores, com uma leve fragrância, apresentam-se em panículas irregulares, bissexuais, obliquas, pedunculadas, cinco pétalas que geralmente possuem uma marca amarela na sua base, cinco sépalas, cinco estames e cinco estaminóides. O ovário tem somente um lóculo com três placentas parietais. As cápsulas têm cerca de 50 cm de comprimento e são trivalvadas, inicialmente pardas, depois amarelas e mais tarde acastanhadas. As sementes são trialadas, numerosas e com cerca de 1 cm de diâmetro (Ramachandran, 1980; Baumer, 1983;

Morton, 1991). Detalhe das folhas, flores, frutos e sementes podem ser vistos na figura 6.

Figura 6: Detalhe das folhas e flores (A), frutos e sementes (B) da Moringa (*Moringa oleifera* Lam.). Local: São Mamede-PB. Foto: Cleytson Dutra.

No total, são 14 espécies que compõem a família *Moringaceae*, sendo que 7 são mais comuns e 7 são consideradas espécies raras. A *Moringa oleifera* Lam., também referida como *Moringa pterygosperma* Gaertn., é de origem indiana e já se tornou pantropical, ou seja, habita qualquer região dos trópicos. No Brasil, a moringa, que é conhecida em

algumas regiões do Nordeste por lírio branco, foi introduzida no século passado (Gerdes, 1996).

A moringa possui vários nomes vulgares, em inglês e português, dentre os quais citam-se: “horseradish”, baqueta, jasmim francês, moringa, quiabo de três quinas e rabanete (Ramachandran et al., 1980; Baumer, 1983; Morton, 1991; Cáceres et al. 1991; Folkard, 1994).

Considerada uma árvore de rápido crescimento, a moringa pode atingir 5 metros de altura em pouco mais de um ano, apresenta fuste reto que, entretanto, é freqüentemente fraco ou mal formado, e a madeira é muito leve e frágil (Baumer, 1983; Morton, 1991).

3.1.2. Nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss)

O nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss ou *Melia indica* Brandis) (Figura 7), é uma planta pertencente a família *Meliaceae*. Apresenta folhas verdes-escuras, compostas e imparipenadas, com frequências aglomeradas nos extremos dos ramos, simples e sem estípulas. As flores são de coloração branca, aromáticas, reunidas em inflorescências densas, com estames crescentes formando um tubo, pentâmeras e hermafroditas. O fruto é uma baga ovalada, com 1,5 a 2,0 cm de comprimento, e quando maduro apresenta polpa amarelada e casca branca, dura, contendo um óleo marrom no interior de uma semente ou, raramente, em duas (Radwanski e Wickens, 1981; Baumer, 1983; Neves e Nogueira, 1996). Boa parte dessas características podem ser observadas na Figura 8.

Figura 7: Árvores de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) com cerca de 4 anos de idade. Local: Goiânia – GO. Foto: Lúcio Araújo.

Figura 8: Detalhe das folhas e flores (A), e frutos do nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss). Local: Goiânia – GO. Foto: Lúcio Araújo.

O nim indiano é uma espécie que, normalmente, apresenta fuste reto e diâmetro entre 25 e 30 cm. Sua madeira apresenta uma coloração avermelhada, dura e resistente a ataques de térmitas ou apodrecimento. Sua densidade varia entre 0,56 a 0,85 g/cm³, estando a média em torno de 0,70 g/cm³. O cerne é muito rico em tanino e sais inorgânicos de cálcio, potássio e ferro (Baumer, 1983; Koul et al., 1990; Hegde, 1995; Neves e Nogueira, 1996).

Assim como a moringa, o nim indiano é nativo de regiões áridas do subcontinente indiano, com a diferença de que o mesmo foi introduzido nas zonas áridas da África durante o século passado como uma planta ornamental e hoje está presente em muitos países asiáticos e áreas tropicais do Novo Mundo. Atualmente, a expansão e raio de ocorrência desta espécie têm ultrapassado as fronteiras de sua região de origem natural, podendo ser encontrada em países da América Latina, Ilhas Caribeas, Estados Unidos e Austrália (Radwanski e Wickens, 1981; Ahmed e Grainge, 1986; Mishra, 1995; Rawat, 1995; Hegde, 1995; Neves e Nogueira, 1996).

De acordo com Baumer (1983), o nim indiano também pode ser encontrado na Índia nas colinas de Siwalik e também nas florestas da região de Carnate e em algumas partes do Deccan ao sul do rio Gadavari. A espécie, entretanto, é cultivada em toda parte na Índia, especialmente em regiões áridas.

3.2. Exigências edafo-climáticas

A moringa é uma espécie adaptável a uma ampla faixa de condições edafo-climáticas, podendo ser encontrada em áreas de baixa pluviosidade, como também em áreas onde a média pluviométrica pode atingir 1.100 mm anuais. Adapta-se tanto ao clima árido como ao sub-úmido em altitudes inferiores a 2.000 m e cresce muito bem sob

temperaturas entre 24° e 30° C (Baumer, 1983; Gerdes, 1996). Mayer e Stelz (1993), confirmam essa adaptabilidade e mostram que a moringa pode ser encontrada em regiões climáticas bastante diferentes, desde regiões semi-áridas da Índia a regiões de clima tropical úmido como as da América Central. Uma difusão tão ampla indica que a moringa dispõe de um poder de adaptação relevante. Mesmo sendo caducifólia, pode sobreviver a períodos de seca prolongados, produzindo algumas flores e frutos. Cresce em uma grande variedade de solos, desde que esses sejam bem drenados, pois a espécie não tolera encharcamentos (Gerdes, 1996).

Quanto à espécie *nim* indiano, esta se desenvolve bem em regiões com precipitação pluviométrica anual entre 400 e 800 mm, entretanto já foi introduzido com sucesso em áreas onde a precipitação está em torno de 250 mm anuais. Assim como a moringa, é tolerante a longos períodos secos. É tolerante a temperaturas elevadas, desde que por curto período, no entanto com relação a baixas temperaturas, não tolera geadas (Koul et al. 1990; Hegde, 1995; Neves e Nogueira, 1996).

3.3. Aspectos silviculturais

3.3.1. Características silviculturais

A moringa pode atingir 3 metros de altura e produzir frutos já no primeiro ano de vida (Gerdes, 1997). Isto já não ocorre com o *nim* indiano, cujas mudas se desenvolvem vagarosamente durante o primeiro ano. A partir do segundo ano, o desenvolvimento do *nim* indiano é rápido. A média de incremento em circunferência, desta espécie, é da ordem de 2 a 3 cm por ano (Baumer, 1983). Segundo Koul et al. (1990), a floração do *nim* normalmente se inicia após 5 anos do plantio. Na Índia, a floração do *nim* ocorre de janeiro a abril e, a maturação dos

frutos, de maio a agosto. Para Neves e Nogueira (1996), dependendo das condições climáticas da região onde está o plantio, a floração e a frutificação do nim podem ocorrer até três ou quatro anos após o plantio. Estes autores verificaram que em plantio no município de Santo Antônio de Goiás (GO), a primeira floração ocorreu no terceiro ano, a partir do mês de junho.

A produção de mudas de ambas as espécies pode ser feita a partir de sementes ou estacas. No caso da moringa, as sementes têm uma boa taxa de germinação quando novas. Após um ano de armazenagem, as sementes apresentam uma taxa de germinação entre 25 a 60 % (Morton, 1991). Segundo Koul et al. (1990) o nim pode ser facilmente propagado por sementes, sendo que o transplantio pode ser feito entre 9 e 12 meses depois.

Para Neves e Nogueira (1996), além destas formas de propagação, a produção de mudas de nim pode ser feita através de cultura de tecidos ou a semeadura direta em canteiros e posterior repicagem das mudas. Esta última técnica, no entanto, é pouco utilizada, por se tratar de uma operação com custos mais elevados e requerer cuidados especiais no manuseio das mudas, principalmente para evitar danos e deformações no sistema radicular, que podem resultar em perdas posteriores no campo.

De acordo com Gerdes (1997) quando o plantio de moringa é feito por sementes, estas não devem ser colocadas a uma profundidade superior a 1 cm, e de preferência com um ligeiro sombreamento. Nesta fase, a prática da irrigação é recomendada para favorecer o estabelecimento do plantio, porém deve-se sempre evitar o encharcamento do solo. As mudas devem ser produzidas cerca de 2 a 3 meses antes da época chuvosa, para depois serem transplantadas, com as primeiras chuvas. Na propagação por estacas, utilizam-se ramos ou galhos com aproximadamente 25 centímetros de comprimento.

A moringa é plantada em um espaçamento de 2 x 2 m ou 3 x 5 m, dependendo da finalidade do plantio, e é feita irrigação no estágio inicial, até as plantas estarem bem estabelecidas. Dependendo das condições de umidade, fertilidade e drenagem do solo, podem ser obtidas até duas colheitas de sementes em um mesmo ano (Ramachandran, 1980; Jahn, 1989).

Com relação a espécie nim indiano, dependendo das condições climáticas da região, principalmente temperatura e precipitação onde está o plantio, podem ser feitas até duas colheitas de frutos por ano. No geral, faz-se uma colheita de frutos por ano, sendo que uma única árvore produz entre 30 e 50 kg de frutos por ano (Neves e Nogueira, 1996).

As sementes do nim mantêm seu poder germinativo apenas por poucos dias. Se não coletadas, a germinação ocorre normalmente embaixo das plantas (Baumer, 1983).

Neves e Nogueira (1996) sugerem que a escolha do espaçamento para plantio deve estar condicionada aos objetivos propostos para a exploração da espécie. Caso o objetivo seja obter madeira fina e de menor porte, em um ciclo mais curto, podem ser adotados espaçamentos menores, por exemplo, 2 x 2 m. Caso a exploração tenha fins de produção de madeira mais grossa, recomenda-se um espaçamento maior.

Baumer (1983) relata experiências feitas em plantios no norte da Nigéria, onde foram usados dois espaçamentos diferentes 1,8 x 1,8 m e 2,4 x 2,4 m. Os resultados mostraram que aos 8 anos os plantios com espaçamento mais denso apresentaram um volume de madeira por hectare maior que os plantios com espaçamento mais aberto.

Em Gana, na África, o nim indiano apresentou resultados entre 108 a 137 m³ de lenha por hectare, na primeira rotação. Já em Samaru, na Nigéria, aos oito anos de idade, os valores variaram entre 119 a 169

m³. Em Cuba árvores de nim indiano alcançaram uma altura de 14,2 m e diâmetro de 27 cm aos oito anos (Koul et al., 1990).

3.3.2. Utilização

Existem várias formas de uso para a moringa, sendo esta considerada uma das espécies mais valiosas nas regiões semi-áridas. A moringa é uma árvore de múltiplos usos, servindo como planta alimentícia (folhas, vagens verdes, flores e semente torrada), forrageira (folhas, vagens e sementes), melífera, medicinal (todas as partes da planta) e combustível (Gerdes, 1996).

Dentre os diversos usos da moringa, podemos destacar (Folkard & Sutherland, 1986):

- Produção de óleo - as sementes contêm 40% de óleo por peso, podendo este ser usado para cozinhar, produzir sabão, como base para cosméticos e como combustível em lâmpadas; lubrificantes - em peças delicadas, como relógios;
- Coagulante na água - tratamento de água para uso doméstico; uso medicinal - todas as partes da planta podem ser usadas em uma variedade de remédios tradicionais;
- Alimentação humana e animal - as folhas e sementes podem ser usadas como alimento para o gado ou como fertilizante para o solo, os frutos verdes imaturos, em salmoura podem servir de alimento humano; e
- Usos na agrosilvicultura - para intercalar com outras culturas, a moringa contribui para a fixação de nitrogênio no solo.

Ainda de acordo com Folkard & Sutherland (1986), tecnologia simples pode ser encontrada para dar início a negócios de pequena escala na extração de óleo em zonas rurais.

No processo de limpeza de água, existe a possibilidade de remover 90 a 99,9% das bactérias que se juntam com as partículas sólidas, purificando a água. No entanto, alguns microorganismos prejudiciais que ainda permanecem na água podem não ser removidos, especialmente se a água estiver muito poluída (Folkard & Sutherland, 1994; Sutherland et al. 1995).

Se for considerado que grande parte da população brasileira, e dentro desse contexto a região Nordeste, se abastecem de fontes de água sem um tratamento inicial, a opção de utilização das sementes da moringa será uma contribuição positiva no sentido de minimizar este problema. Segundo IBGE (1996) cerca de 77% da população brasileira dispõem de abastecimento de água, sendo que na região Nordeste este percentual é de apenas 19,4% e o restante recebe água de outras formas, tais como poços, nascentes, carro-pipa ou coleta de chuvas.

Para a espécie moringa, dentre os vários usos em diversos países do mundo, citados por Jahn et al. (1986), como se observa na tabela 2, podem ser destacada a utilização de sementes para a produção de óleo (apresentam 40% do seu peso em óleo), para o tratamento de água para consumo humano e na alimentação humana ou animal.

Tabela 2: Principais usos da espécie moringa em diversos países de sua ocorrência.

USOS:	PARTE USADA:	REGIÃO OU PAÍS:
- Alimentação humana	- Folhas, frutos verdes, flores	- Ásia, África
- Especiarias	- Raízes(principalmente)	- Ásia, África
- Azeite (cozinha, cosméticos)	- Sementes	- Ásia, Madagascar, África
- Tratamento de água	- Sementes	- Sudão, Indonésia, Índia
- Árvore melífera	- Flores	- Índia (em estudo)
- Planta medicinal	- Todas as partes da planta	-Ásia, África, América Central
- Nematicida	- Raízes	- Filipinas (experimentos)
- Forragem	- Folhas	- Índia, Indonésia
- Lenha	- Fuste	- Índia (em estudo)
- Quebra-vento	- Árvore inteira	- Ásia, África, América Central
- Ornamental	- Árvore inteira	- América Central, EUA, África

Fonte: Jahn et al. (1986).

Alguns estudos têm sido desenvolvidos a respeito das propriedades terapêuticas da moringa, bem como sua utilização na fabricação de remédios caseiros (Kulkarni, 1994; Mendia et al., 1991; Ahmad, 1995).

Amaya et al. (1992), relata a existência de plantas da espécie moringa em Manaus-AM, São Luis-MA e Rio Branco-AC. Segundo informações colhidas junto às pessoas idosas dessas localidades, tais plantas vieram do exterior, ao redor de 1950, como hortaliças, porém ninguém sabia como utilizá-las. Por ser considerada uma hortaliça arbórea, com alto teor de vitamina A, os autores realizaram análises das suas folhas com a finalidade de verificar o conteúdo desta vitamina, tendo constatado uma grande quantidade de beta-caroteno, equivalente a 22.000 U.I. (Unidades internacionais) de vitamina A.

Este valor se comparado com os valores apresentados por alguns legumes de uso tradicional na alimentação humana chega ser, em

alguns casos, três vezes superior. Desta forma a moringa pode ser considerada uma excelente fonte de vitamina A.

Em toda a Índia o fruto da moringa é colhido comercialmente e vendido nos mercados locais. Quando ainda verdes, são cortados em seções, enlatados em salmoura e exportados para a Europa e Estados Unidos. Em outros lugares do mundo, as árvores da moringa são apreciadas pelos camponeses pela qualidade de seus frutos e folhas para serem usados na alimentação humana. Com relação às folhas, a moringa apresenta ainda uma grande vantagem, pois as mesmas podem ser colhidas durante a estação seca (Folkard & Sutherland, 1994).

A árvore do nim é comum em algumas regiões, inclusive nas Américas, não somente como arborização de ruas, mas também como uma árvore para produção de lenha, poste e madeira (Baumer, 1983). Frutos, sementes, óleo, folhas, casca do caule e raízes têm os mais variados usos na área farmacológica (Koul et al., 1990). A sua madeira é relativamente pesada, apresentando densidade básica entre 0,56 a 0,85 g/cm³ (Koul et al., 1990), durável e resistente, podendo ser usada na confecção de carretas, implementos agrícolas, cercas, casas e móveis. É considerada por Neves e Nogueira (1996) uma fonte de lenha e combustível.

Duas formas de usos potenciais da espécie nim indiano, podem ser destacadas, o uso da madeira com fins energéticos e em pequenas construções rurais (cercas, estábulos), e o uso das folhas e frutos no tratamento de pragas em lavouras e animais.

A madeira do nim indiano, como a exemplos de outros representantes da mesma família botânica, é dura e relativamente pesada. Na sua composição pode-se encontrar uma substância que inibe o ataque de insetos, sendo considerada uma madeira durável e resistente, se prestando muito bem no fabrico de moirões para cercas, pequenos móveis e implementos agrícolas. É considerada uma boa fonte

de lenha e carvão (Koul et al., 1990). O teor de carbono fixo encontrado para esta espécie (82,17%) indica que a mesma tem potencial para a produção de carvão ativo.

Além das características favoráveis como produtora de madeira, segundo Betancourt (1972) citado por Koul et al. (1990), árvores de nim apresentaram altura de 14,2 m e diâmetro de 27 cm em plantios com 8 anos de idade em Cuba. O nim pode trazer uma contribuição significativa à renda das populações rurais, através da produção de sementes todos os anos. As sementes de nim não são somente ricas em óleo, mas também contêm diferentes componentes que possuem valor medicinal e propriedades pesticidas (Hegde, 1995).

Uma característica considerada comum às espécies pertencentes a família Meliaceae é a presença de compostos químicos conhecidos como meliacinas. Dentre estes, o azadiractin é o agente anti-alimentar mais promissor descoberto até agora. Este composto está presente nas folhas, frutos e sementes, e foi isolado, inicialmente, a partir do nim indiano (Neves e Nogueira, 1996).

Vários produtos repelentes de insetos são extraídos do óleo de nim. O princípio ativo nestes produtos é o azidarachtine, substância usada como ingrediente na preparação de vários produtos farmacêuticos, tais como: ungüentos, cosméticos, cremes, loções, sabonetes, xampus, tônico capilar e creme dental (Figura 9). Recentes estudos farmacológicos, têm demonstrado que as folhas do nim têm algumas propriedades anti-vírus e bacterianas (Baumer, 1983).

Para Carvalho e Ferreira (1990), o azadirachtine pode torna-se importante no controle de pragas, pois tem largo espectro de ação, não tem ação fitotóxica, é praticamente atóxico ao homem e não agride o meio ambiente.

Segundo Guerra (1985), a árvore de nim controla mais de cem espécies de pragas, devendo ser amplamente introduzida em nosso país.

Figura 9: Produtos industrializados que têm na sua composição ingredientes extraídos do nim indiano. Local: Goiânia-GO. Foto: Francisco Assis.

O resíduo das sementes, após a extração do óleo, pode ser usado como fertilizante orgânico, possuindo uma propriedade repelente de insetos do solo, como térmitas (Gill (1972), citado por Baumer (1983)).

3.4. Necessidades de pesquisa

3.4.1. Escassez de informações e Contribuições deste trabalho

A moringa e o nim indiano vêm sendo pesquisados há várias décadas em diversos países do mundo, envolvendo diversas áreas. Estas espécies, em suas regiões de origem, são utilizadas pela população, tanto para fins domésticos como industriais.

Como já citado, a moringa desempenha um importante papel quando utilizada para o tratamento de água para o consumo humano (Jahn et al., 1986; Folkard e Sutherland, 1994; Sutherland et al., 1995;

Gerdes, 1997) e, também como complemento alimentar em virtude do alto teor de vitamina A em suas folhas (Amaya et al., 1992). Com relação ao nim indiano diversas empresas (EID Parry Ltd.⁷, The Calcutta Chemical Co. Ltd.⁸, MURKUMBI Bioagro⁹) utilizam substâncias extraídas desta árvore, para industrialização de diversos produtos para uso pessoal e animal, e usos na agricultura.

Apesar destes estudos em várias partes do mundo e de comprovada importância das duas espécies, no Brasil são poucas as pesquisas desenvolvidas até o presente momento.

Para se ter conhecimento das vantagens ao se implementar plantios com a moringa e nim indiano é necessário, antes que tudo, se dispor de informações das características silviculturais das mesmas, incluindo-se aí informações sobre crescimento, produção de biomassa (lenha, ramos e folhas), produção de frutos, qualidade da madeira para uso energético, seja doméstico ou industrial, e utilização da madeira em pequenas construções rurais.

Com relação a moringa, os trabalhos desenvolvidos no Brasil são basicamente relacionados às áreas medicinal e alimentação. Estes trabalhos objetivam avaliar o uso das sementes desta espécie no tratamento de água para o consumo humano (Gerdes, 1996; Gerdes, 1997) e o uso das folhas na alimentação humana (Amaya et al., 1992; Silva et al., 1996a; Silva et al., 1996b). Além destes trabalhos, alguns experimentos têm sido desenvolvidos com o objetivo de verificar a influência do substrato na germinação das sementes (Souza, 1994), estudar a composição das sementes de diferentes procedência (Souto,

⁷ Através da sua Divisão de Bio-produtos, essa companhia indiana, fabrica pesticidas a base do princípio ativo *azadirachtin*, extraído do nim.

⁸ Companhia sediada em Calcuta (Índia), é especialista na fabricação de produtos cosméticos a base de nim

⁹ Fábrica indiana de bio-pesticidas e bio-inseticidas a base de nim.

1996) e o comportamento de mudas da espécie moringa submetidas a diferentes níveis de salinidade (Araújo, 1997).

No caso do nim indiano, os estudos no Brasil se concentram na área farmacológica e no uso de substâncias extraídas desta espécie para a formulação de bio-inseticidas. Segundo Cavalcante (1997) a Universidade Federal de Viçosa (UFV), em conjunto com o Indian Agricultural Research Institute (Nova Deli-Índia), estão executando um projeto com ênfase nas investigações de aspectos químicos das folhas e sementes do nim indiano. O objetivo deste projeto é desenvolver produtos padronizados para uso agrícola e em outros setores.

Lima (1997a, 1997b) desenvolveu estudos com o objetivo de avaliar o armazenamento e germinação das sementes de nim.

Neves (1998)¹⁰ atualmente desenvolve estudos com o objetivo de verificar o efeito da utilização do nim indiano no controle de pragas em plantios agrícolas de arroz e feijão. A pesquisa encontra-se em andamento.

Verifica-se que os estudos no Brasil, relacionados com as espécies moringa e nim indiano, ainda são incipientes e não englobam pesquisas que visem avaliar as características silviculturais, a produção de biomassa, o crescimento e a qualidade da madeira destas espécies, o que representa uma escassez de informações neste aspecto.

O ideal é que pesquisas neste sentido sejam feitas em regiões que apresentem características similares às encontradas nas regiões de origem das espécies. No entanto, diante da escassez de informações sobre as espécies e na impossibilidade de obtê-las em plantios de regiões semi-áridas, pretende-se, com o presente trabalho, contribuir para um melhor conhecimento da moringa e do nim indiano em plantios estabelecidos no Brasil.

¹⁰ Comunicação Pessoal, 1998.

4. AVALIAÇÃO DAS QUALIDADES SILVICULTURAIS DA MORINGA E DO NIM INDIANO

Neste capítulo são apresentados o material e a metodologia utilizados para realizar as avaliações das qualidades silviculturais da moringa e do nim indiano inicialmente propostas. As informações referem-se à localização dos plantios onde foram realizadas as coletas de dados e amostras, e uma descrição destes locais. Detalha-se a metodologia utilizada nos testes implementados. Por último são apresentado os resultados obtidos nas análises e faz-se uma discussão sobre os mesmos.

4.1. Material e fontes de informação

4.1.1. Localização dos plantios usados para coleta de informações

As informações referentes à moringa foram obtidas na Fazenda Verdes Pastos, propriedade particular, pertencente ao Sr. John Medcraft, localizada a aproximadamente 8 km da sede do município de São Mamede, Estado da Paraíba, na altura do km 321 da BR-230. De acordo com Brasil (1972), o município está inserido na micro-região do Baixo Sertão do Piranhas (Sertão paraibano), cuja altitude pouco se afasta do nível de 250 metros. O clima dessa região se define basicamente por uma estação seca e outra chuvosa. As chuvas começam a cair no verão, ocorrendo as maiores precipitações nos

meses de janeiro, fevereiro e março. A média anual das precipitações pluviométricas fica em torno de 650 mm. A estação seca inicia-se em maio e prolonga-se até dezembro (Brasil, 1972).

A área de estudo apresenta uma topografia plana a pouco ondulada. Segundo o Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba (Brasil, 1972; Brasil, 1981), os solos predominantes desta área constituem-se de uma associação de Bruno Não Cálcico, Solonetz Solodizado, solos Vérticos e Litólicos eutróficos.

Os dados referentes à espécie *nim* indiano foram coletados na fazenda Capivara, área experimental do Centro Nacional de Pesquisas de Arroz e Feijão (CNPAF), da EMBRAPA, localizada no município de Santo Antônio de Goiás, a aproximadamente 25 km do centro de Goiânia (GO), km-12 da rodovia Goiânia/Nova Veneza.

A região apresenta clima bem definido, com verões quentes e úmidos, e invernos secos relativamente frescos. A temperatura média anual é de 22,5 ° C. A média da precipitação pluviométrica total anual é de 1489 mm e a umidade relativa média anual é de 70%. Quase a totalidade da precipitação anual ocorre no período de outubro a abril, sendo dezembro, janeiro e fevereiro os meses mais chuvosos, enquanto nos meses de maio a setembro são registradas as menores precipitações pluviométricas. A área de estudo apresenta um relevo plano ligeiramente ondulado, onde predomina o solo do tipo Latossolo Vermelho Escuro (LE).

Convém salientar que devido a inexistência de plantios de *nim* indiano na região semi-árida, quando da coleta de dados e das amostras de madeira, tivemos que optar por plantios com idade adequada localizados fora desta região. Por este motivo, os dados referentes a esta espécie, foram coletados no Estado de Goiás.

Os plantios de moringa e nim indiano apresentam uma área de 0,2 e 0,6 ha, respectivamente. A idade do plantio de moringa é de 4 anos e o espaçamento usado foi de 4 x 4 metros. No plantio de nim a idade é de 4,2 anos, sendo o espaçamento o mesmo utilizado no plantio de moringa.

No plantio de moringa, foi utilizada a técnica de semeadura direta. Já no plantio de nim, foram usadas as sementes para produção de mudas em sacos plásticos, que foram posteriormente transferidas para a área de plantio. Com relação a adubação, somente o plantio de nim recebeu este trato, sendo utilizado adubo orgânico (esterco bovino).

Em ambos plantios foram feitas capinas nos primeiros meses, para evitar a competição com plantas invasoras e permitir um melhor desenvolvimento das mudas. Eventualmente, no plantio de nim é feita uma limpeza da área com grade agrícola, sendo que esta prática não é a mais indicada, tendo em vista que pode provocar danos às raízes, o que significa um prejuízo no desenvolvimento da árvore. O recomendável seria uma roçada manual.

4.2. Avaliações e testes implementados

4.2.1. Produção volumétrica

Com a finalidade de se obter estimativas de volume de madeira (m^3), foram tomadas as seguintes medidas:

- DNB = diâmetro na base, em cm (0,30 m do nível do solo);
- DAP = diâmetro na altura do peito, em cm (1,30 m do nível do solo);
- H = altura total, em m.

As medições de diâmetro foram feitas com uma suta metálica graduada em centímetros e a altura total foi determinada com o auxílio de um hipsômetro de Suunto.

Em virtude das espécies apresentarem muitas ramificações e com o intuito de se padronizar as medições, foram estabelecidos os seguintes critérios:

- as árvores com ramificações abaixo de 30 cm, foram consideradas individualmente quanto à medição do DNB (Figura 10-A);
- as árvores com ramificações entre 0,30 e 1,30 m, foram consideradas como um só indivíduo, quanto à medição do DAP (Figura 10-B).

Figura 10: A - Árvore ramificada abaixo de 30 cm. B - Árvore ramificada entre 0,30 e 1,30 m. Local: Gioânia – GO. Foto: Lúcio Araújo.

Nas análises de produção volumétrica e biomassa, foram estimados o volume de madeira (m^3) e a massa (kg) dos diversos componentes considerados (lenha, ramos e folhas) para ambas as espécies. Essas estimativas foram feitas através de equações de regressão ajustadas, correlacionando-se as variáveis dependentes (altura, peso e volume) com o diâmetro na base (DNB) e com o diâmetro a altura do peito (DAP). Tanto volume de madeira como biomassa, tiveram seus valores extrapolados para o hectare.

A avaliação dos modelos e consequentemente a escolha do melhor deles, baseou-se na análise em conjunto do coeficiente de determinação (r^2), do erro padrão residual (EPR) e da distribuição gráfica dos resíduos. Para este procedimento foi utilizado o software estatístico SAS¹¹ (The SAS System, versão 3.10, 1996).

A quantificação da biomassa das espécies foi feita a partir de 18 e 22 plantas de moringa e nim indiano, respectivamente. Para tanto, as árvores foram abatidas com o auxílio de moto-serra, sendo o corte efetuado a 10cm do solo. Em seguida, para facilitar a pesagem de cada árvore foi feita a seguinte separação de componentes: lenha (fustes e galhos com $\phi > 3,0$ cm), ramos (material lenhoso com $\phi < 3,0$ cm) e biomassa verde (folhas) (Figura 11). Após a separação, o material foi acondicionado em sacos de algodão e em seguida pesado em uma balança comum, com capacidade para 100 kg e precisão de 50 g. Finalmente, a biomassa de cada árvore foi determinada em peso verde, somando-se os pesos de todos os seus componentes.

Paralelamente à pesagem foi feita a cubagem rigorosa de todas as plantas abatidas, onde o componente considerado como lenha foi seccionado em toras de aproximadamente 1 m de comprimento. Na

¹¹ SAS é Marca Registrada do SAS Institute Inc, Cary, NY.

Figura 11: Componentes considerados na pesagem da biomassa de cada espécie. A - Lenha; B - Ramos com diâmetro menor que 3 cm e C - Folhas. Local: Goiânia - GO. Foto: Lúcio Araújo.

determinação do volume individual foi utilizado o procedimento de Smalian (Husch et al., 1972), tomando-se os diâmetros nas extremidades de cada tora e o seu respectivo comprimento.

Madgwick (1976), citado por Couto (1983), relata que os modelos mais comumente utilizados para estimativas de peso são:

$$\bullet \ln(P) = \beta_1 + \beta_2 \ln(X) + \varepsilon \quad (1)$$

$$\bullet P = \beta_1 + \beta_2 X + \varepsilon \quad (2)$$

Em que: $X = \text{DAP}$ ou $\text{DAP}^2 * H$

Couto (1983) utilizou estes mesmos modelos para estimar volume para espécies de eucaliptos.

Visando fornecer subsídios para estimativas de volume, peso e quantidade de produtos que podem ser obtidos do aproveitamento de árvores de algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC.), Riegelhaupt et al.(199?), estudaram os seguintes modelos:

➤ Para estimativas de peso

$$\bullet P = \beta_1 + \beta_2 (X) + \varepsilon \quad (3)$$

➤ Para estimativas de volume

$$\bullet V = \beta_1 + \beta_2 (X)^2 + \varepsilon \quad (4)$$

$$\bullet \ln V = \beta_1 + \beta_2 \ln(X) + \varepsilon \quad (5)$$

$$\bullet V = \beta_1 + \beta_2 (X)^2 H + \varepsilon \quad (6)$$

Em que: $X = \text{CNB}$ ou CAP e $H = \text{altura total}$.

Em estudo desenvolvido por Zakia et al. (1990) com espécies lenhosas da região do Seridó, no Rio Grande do Norte, foram utilizados quatro modelos diferentes nas estimativas de peso das espécies:

$$\bullet \quad P = \beta_1 + \beta_2 (X) + \varepsilon \quad (7)$$

$$\bullet \quad \ln P = \beta_1 + \beta_2 \ln (X) + \varepsilon \quad (8)$$

$$\bullet \quad P = \beta_1 + \beta_2 \ln (X) + \varepsilon \quad (9)$$

$$\bullet \quad \ln P = \beta_1 + \beta_2 (X) + \varepsilon \quad (10)$$

Levando-se em consideração os estudos supra citados, optou-se no presente trabalho, para as estimativas de peso e volume de madeira, pelo teste dos seguintes modelos:

$$\bullet \quad Y = \beta_1 + \beta_2 (X)^2 H + \varepsilon \quad (11)$$

$$\bullet \quad \ln (Y) = \beta_1 + \beta_2 \ln (X) + \beta_3 \ln (H) + \varepsilon \quad (12)$$

Em que: Y = peso ou volume; X = DNB ou DAP e H = altura.

4.2.2. Análises da madeira

Com o objetivo de se obter informações sobre a qualidade da madeira das duas espécies aqui estudadas, foram realizadas as seguintes análises: Densidade básica da madeira (g/cm^3), teor de extrativos totais (%), teor de lignina (%), teor de holocelulose (%),

poder calorífico superior (kcal/Kg), rendimento de carvão (%), teor de carbono fixo (%), teor de cinzas (%) e teor de materiais voláteis (%).

O procedimento preparativo e a precisão dos resultados estão intimamente ligados à amostragem do material a ser analisado. Quando se trata de madeira, em virtude da desuniformidade e heterogeneidade da mesma, a questão da amostragem torna-se mais séria e de difícil solução. Para Brito e Barrichelo (1983), devem ser selecionadas entre 5 e 10 árvores por tratamento (ex: espécie, espaçamento, fertilização, etc.) para a amostragem.

Das árvores abatidas foram selecionadas aleatoriamente 8 plantas da espécie *moringa* e 12 plantas da espécie *nim* indiano, das quais foram retiradas amostras (discos) de madeira, com aproximadamente 5 cm de espessura, a diferentes alturas conforme ilustra a Figura 12. As amostras foram devidamente identificadas e acondicionadas em sacos plásticos.

Em seguida, foram transportadas para o laboratório do Setor de Química, Celulose e Energia (SQCE) do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, onde foram realizadas as análises previstas.

Os resultados para densidade básica (Db), teor de extrativos totais (ET), de lignina (TL), de holocelulose (H) e poder calorífico superior (PC), representam médias das análises de amostras individuais. Já os resultados para rendimento de carvão (R), teor de licor (L), de gás não condensado (GNC), de materiais voláteis (MV), de cinzas (C) e de carbono fixo (CF), foram obtidos para uma amostra única, originada da mistura das amostras individuais .

Figura 12: Localização aproximada dos pontos de retiradas das amostras de madeira (discos).

a) Densidade básica

Segundo Schneider (1993) a densidade da madeira é o critério mais importante para determinar a qualidade da madeira, porque se relaciona de maneira direta com a sua resistência.

A densidade da madeira é uma propriedade relativamente fácil de ser determinada e um excelente índice para a análise da viabilidade do seu emprego para os diversos usos (Pires et al, 1992).

A determinação da densidade básica foi feita de acordo com a norma M14/70 da ABCP (1974), através da seguinte expressão:

$$d = \frac{P}{v} \quad (13)$$

Em que: d = densidade básica, (g/cm³);
 P = peso do material absolutamente seco, (g);
 v = volume de madeira saturado, (cm³).

b) Teor de extrativos totais, lignina e holocelulose

O material utilizado para a análise química foi proveniente dos cavacos obtidos das amostras de cada espécie. Foram retirados pequenos fragmentos (palitos) dos cavacos até atingir 50g por espécie. Em seguida esse material foi moído em moinho micro-Wiley, para obtenção de material com fração de 40 mesh, conforme metodologia adotada no laboratório do Setor de Química, Celulose e Energia (SQCE) do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP.

Para Brito (s.d.) os extrativos podem influenciar no grau de consumo de reagentes nos processos químicos de utilização de madeira. Podem influenciar também na coloração e na resistência da celulose obtida. Nos processamentos mecânicos da madeira, os extrativos podem influenciar nas propriedades de colagem e no acabamento das peças obtidas.

Diversas madeiras contêm substâncias extratáveis que podem ser consideradas tóxicas ou dissuasivas para bactérias, fungos e cupins, tendo assim papel importante na resistência da madeira à biodeterioração. Em geral, os extrativos da madeira estão associados à cor e ao odor da mesma, podendo influenciar positiva ou negativamente na sua utilização, sendo por isso um importante fator a ser considerado quando da recomendação de espécies para uso energético da madeira com fins domésticos (Brito, s.d.).

A lignina é o terceiro componente fundamental em importância da madeira. Trata-se de um polímero de natureza aromática. Na prática, quando a lignina é removida, o produto resultante é chamado de holocelulose (celulose + hemicelulose) (Brito e Barrichelo, 1983).

A determinação das substâncias foi feita seguindo as seguintes normas técnicas da ABCP (1974): M3/69, M4/68, M5/68 e M6/68 para teor de extrativos totais (%) e, M10/71 para teor de lignina (%). O teor de holocelulose (%) foi obtido através da diferença entre o teor de lignina e o teor de extrativos totais.

c) Poder calorífico superior

O poder calorífico é uma propriedade da madeira de relativa importância, uma vez que se queima no Brasil grande porcentagem da madeira abatida (Nagy, 1986). A energia de biomassa florestal responde por cerca de 10% da oferta/demanda de energia no Brasil, aproximadamente 22 milhões de TEP's (Toneladas equivalentes em petróleo).

De acordo com Pires et al (1992) o poder calorífico de um corpo é a quantidade de calor liberado pela combustão da unidade de massa deste corpo, expresso em quilocalorias por quilo (kcal/kg) e, quando a água formada durante a combustão é condensada, o poder calorífico é chamado superior.

As amostras de madeira secas a $105 \pm 3^\circ \text{C}$, foram moídas e deixadas com granulometria de 60 mesh, e depois transformadas em pellets de aproximadamente um grama. A análise das amostras foi feita seguindo a metodologia da norma ABNT NBR 8633 (Out/84).

d) Rendimento de carvão, carbono fixo, cinzas e materiais voláteis

Quando a madeira é submetida à ação do calor, em temperaturas relativamente elevadas, ela sofre um processo de transformação no qual todos os seus componentes são extensivamente modificados. Quando a madeira é aquecida em temperaturas acima de 300° C, sob condições controladas de oxigênio, sofre um processo de carbonização, desprendendo vapor d'água, líquidos orgânicos e gases não condensáveis, deixando, como resíduo, o carvão (Pires et al, 1992).

Na carbonização, quando realizada através de processos convencionais, ocorre sempre a queima de uma parte da madeira produzindo calor, e o restante é transformado em carvão.

Segundo Brito e Barrichelo (1977), citados por Coutinho (1984), espécies que apresentam alto teor de lignina e alta densidade básica produzem carvão com alto rendimento em massa e carbono fixo, baixo teor de voláteis e cinzas.

O rendimento em massa de carvão vegetal é expresso como razão entre a massa de carvão vegetal pela massa da madeira de origem, absolutamente secas (Coutinho, 1984).

Para a determinação do rendimento de carvão (%), utilizou-se metodologia adotada no laboratório do Setor de Química, Celulose e Energia (SQCE) do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. O programa de temperatura de carbonização seguiu as seguintes características: temperatura final de 450° C, patamar de 1 hora e velocidade de aquecimento 1° C/minuto.

Para a determinação do teor de cinzas e de materiais voláteis, as amostras foram secas a $105 \pm 3^{\circ}$ C e deixadas em forma de cunha,

seguindo a metodologia da ABNT NBR 8112 (Out/86). Com relação à determinação do teor de carbono fixo, a mesma foi feita por diferença, utilizando-se a seguinte expressão:

$$CF = 100 - (CZ + MV) \quad (14)$$

Em que: CF = teor de carbono fixo, (%);
 CZ = teor de cinzas, (%);
 MV = teor de materiais voláteis, (%).

4.2.3. Relações hipsométricas

No plantio de moringa foram tomadas as alturas de todas as árvores (127 no total), isto devido ao menor número de indivíduos. O mesmo não aconteceu com relação à espécie *nim* indiano, pois o número de árvores era bem superior (586 no total). Neste caso foram tomadas alturas apenas de parte dos indivíduos, cerca de 20% do total. Com base nessas alturas, procedeu-se à determinação da equação de correlação altura/diâmetro as espécie.

Segundo Scolforo (1993), de maneira geral, é pouco freqüente que a correlação altura-diâmetro em florestas plantadas seja maior que 0,8. Por esta razão, optou-se por testar mais de um modelo de relação hipsométrica, seguindo sugestão do mesmo autor e de McTague (1998)¹². Foram utilizados os seguintes modelos:

¹² Comunicação Pessoal, 1998.

- Schumacher

$$H = \beta_1 + \beta_2 \left(\frac{1}{X} \right) + \varepsilon \quad (15)$$

- Modelo da linha reta

$$H = \beta_1 + \beta_2 X + \varepsilon \quad (16)$$

4.2.4. Distribuição diamétrica do material analisado

No plantio de moringa foram mensuradas 127 árvores. Não foi registrada nenhuma falha de plantio ou árvore morta. Com relação a ramificações, foram encontradas 6 árvores bifurcadas abaixo de 30 cm e 32 acima de 30 cm. Com relação ao plantio de nim indiano foram mensuradas 586 árvores. Registraram-se 31 falhas de plantio e 16 árvores mortas. Foram encontradas 74 árvores bifurcadas abaixo de 30 cm e 125 acima de 30 cm. Detalhes podem ser vistos na Tabela 3.

Tabela 3: Situação dos plantios na época da coleta de dados.

SITUAÇÃO	PLANTIO MORINGA	PLANTIO NIM
- N° total de árvores	127	586
- Falhas de plantio	0	31
- Mortas	0	16
- Bifurcadas abaixo de 30 cm	6	74
- com 2 ramificações	3	59
- com 3 ramificações	3	15
- Bifurcadas acima do 30 cm	32	125
- com 2 ramificações	20	94
- com 3 ramificações	11	26
- com 4 ramificações	1	3
- com 6 ramificações	0	2

Verificou-se que a moringa apresentou o mesmo percentual de árvores ramificadas com duas ou mais ramificações abaixo de 30 cm, enquanto que para o nim indiano, o percentual de árvores com duas ramificações foi bem maior. Com relação as árvores ramificadas acima de 30 cm, a espécie nim indiano apresentou percentuais maiores que a moringa, nos casos de árvores com duas e seis ramificações (Figura 13).

Figura 13: Porcentagens de árvores que apresentaram ramificações nos plantios de moringa e nim indiano. A – Árvores ramificadas abaixo de 30 cm; B – Árvores ramificadas acima de 30 cm.

Para a construção das equações de correlação, 18 árvores de moringa e 22 árvores de nim indiano abatidas, foram escolhidas de acordo com a distribuição de classes diamétricas descrita na Tabela 4. Foram estabelecidas 6 e 4 classes diamétricas, respectivamente para o plantio de moringa e nim indiano.

Tabela 4: Distribuição em classes diamétrica do material analisado

Moringa					Nim indiano				
Classes	fc	fa	f%	n	Classes	fc	fa	f%	n
4 --- 8	28	28	22,58	4	4 --- 8	33	33	6,14	2
8 --- 12	45	73	36,29	4	8 --- 12	299	332	55,68	10
12--- 16	33	106	26,61	4	12--- 16	192	524	35,75	8
16 --- 20	12	118	9,67	4	6 --- 20	13	537	2,42	2
20 --- 24	5	123	4,03	2					
24 --- 28	1	124	0,80	0					

Em que: fc = frequência na classe; fa = frequência acumulada; f% = frequência em porcentagem e n = número de árvores abatidas por classe diamétrica.

Verifica-se na tabela 4 que as árvores se concentram nas classes “8---| 12” e “12---| 16” para o plantio de moringa, tendo sido abatidas um número igual de árvores para as classes com maior frequência. Para o plantio de nim indiano são as classes “8---| 12” e “12---| 16” que apresentam maior número de árvores, sendo que nestas classes foi abatido um maior número de árvores. Na Tabela 5 consta os valores mínimos e máximos encontrados, para as variáveis DNB, DAP e H (altura), nas áreas estudadas.

Tabela 5: Valores mínimos e máximos de DNB, DAP e H do material analisado.

Plantio de Moringa						Plantio de Nim indiano					
DNB (cm)		DAP(cm)		H(m)		DNB (cm)		DAP(cm)		H(m)	
Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
4,0	24,1	2,5	23,8	2,25	8,0	4,5	18	1,5	15,8	1,7	7,0

4.3. Resultados e Discussão

4.3.1. Análises dendrométricas

4.3.1.1. Estimativas de peso para moringa

Antes de testar os modelos, fez-se uma análise exploratória dos dados, onde relacionou-se o peso de folhas, ramos e lenha com o DNB e o DAP (Figura 14). Observa-se um comportamento não linear assintótico e heterocedástico para aumentos no valor de DNB e DAP.

Após testar os modelos propostos inicialmente para estimativas de biomassa, verifica-se na Tabela 6, que o modelo n° 1, e na Tabela 7, que os modelos 1 e 3, apresentaram melhor ajuste para biomassa de folhas, ramos e lenha, respectivamente, para a espécie moringa. Todos correlacionando peso versus DNB.

- Biomassa de folhas

$$\hat{P} = 0,023091 + 0,001732(DNB)^2 H \quad (17)$$

O coeficiente de determinação(r^2) foi 0,62 e o erro padrão residual (EPR)=0,003.

- Biomassa de ramos

$$\hat{P} = 9,350849 + 0,003067(DNB)^2 H \quad (18)$$

O coeficiente de determinação(r^2) foi 0,36 e o erro padrão residual (EPR)=5,113.

- Biomassa de lenha

$$\hat{P} = 29,544228 + 0,007416(DNB)^2 H \quad (19)$$

O coeficiente de determinação(r^2) foi 0,47 e o erro padrão residual(EPR)=9,782.

Figura 14: Peso de ramos, lenha e folhas *versus* diâmetro na base e na altura do peito da espécie *Moringa oleifera*.

Tabela 6: Resultado dos ajustes para estimativas de peso de folhas de moringa em função do diâmetro na base (DNB) e diâmetro na altura do peito (DAP).

Modelos		Parâmetros estimados e respectivos intervalos de confiança (95% e t=1,96)			r ²	EPR
Nº	Expressão	β_0	β_1	β_2		
1	$P = \beta_0 + \beta_1(\text{DNB})^2H$	0,023091 (0,017058 a 0,029125)	0,001732 (0,017058 a 0,029125)	-	0,62	0,0031
2	$\ln(P) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{DNB}) + \beta_2 \ln(H)$	-1,138611 (-2,96057 a 0,68335)	0,521127 (-0,6476 a 1,68985)	-0,265063 (-2,22181 a 1,69168)	0,10	0,5245
3	$P = \beta_0 + \beta_1(\text{DAP})^2H$	0,069022 (0,052426 a 0,085617)	0,000921 (-0,001441 a -0,0004)	-	0,47	0,0170
4	$\ln(P) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{DAP}) + \beta_2 \ln(H)$	-0,780043 (-2,72402 a 1,16394)	0,361811 (-0,64099 a 1,36461)	-0,180474 (-2,26965 a 1,9087)	0,08	0,5297

Tabela 7: Resultado dos ajustes para estimativas de peso de ramos (1,2) e lenha (3,4) de moringa em função do diâmetro na base (DNB) e diâmetro na altura do peito (DAP).

Nº	Modelos	Parâmetros estimados e respectivos intervalos de confiança (95% e t=1,96)		r²	EPR
		Expressão			
1	$P = \beta_0 + \beta_1(\text{DNB})^2H$	9,350849 (5,56997 a 13,1317)	0,003067 (0,00091 a 0,0052)	0,36	5,1137
2	$P = \beta_0 + \beta_1(\text{DAP})^2H$	10,31409 (6,74106 a 13,8871)	0,003248 (0,00066 a 0,0058)	0,31	5,3275
3	$P = \beta_0 + \beta_1(\text{DNB})^2H$	29,544228 (22,3114 a 36,7770)	0,007416 (0,0033 a 0,0116)	0,47	9,7825
4	$P = \beta_0 + \beta_1(\text{DAP})^2H$	31,7575 (24,8401 a 38,6751)	0,007977 (0,0030 a 0,0130)	0,42	10,3142

Nas figuras 15, 16 e 17 são apresentadas as distribuições dos resíduos das equações escolhidas, um dos parâmetros avaliados na escolha do melhor modelo.

Figura 15: Distribuição de resíduos para a equação de biomassa de folhas da espécie moringa.

Figura 16: Distribuição de resíduos para a equação de biomassa de ramos da espécie moringa.

Figura 17: Distribuição de resíduos para a equação de biomassa de lenha da espécie moringa.

4.3.1.2. Estimativas de peso para nim indiano

Assim como foi feito para a moringa, antes de testar os modelos, para a espécie nim indiano, também fez-se uma análise exploratória dos dados, onde relacionou-se o peso de folhas, ramos e lenha com o DNB e o DAP (Figura 18). Neste caso, observa-se um

comportamento linear e levemente heterocedástico para aumentos no valor de DNB e DAP.

Para a espécie nim indiano, após testar os modelos, verifica-se na Tabela 8 que o modelo nº 1, e na Tabela 9, que os modelos nº 1 e 4, apresentaram melhor ajuste para biomassa de folhas, ramos e lenha. Neste caso, diferentemente do que ocorreu com a espécie moringa, onde os melhores ajustes foram dos modelos que correlacionaram peso versus DNB, somente o modelo que estima biomassa de folhas apresentou esta correlação.

- Biomassa folhas

$$\hat{P} = 3,321381 + 0,008562(DAP)^2 H \quad (20)$$

O coeficiente de determinação(r^2) foi 0,67 e o erro padrão residual(EPR)=2,014.

- Biomassa de ramos

$$\hat{P} = 5,201168 + 0,011524(DNB)^2 H \quad (21)$$

O coeficiente de determinação(r^2) foi 0,64 e o erro padrão residual(EPR)=4,551.

- Biomassa de lenha

$$\hat{P} = 7,791951 + 0,038981(DAP)^2 H \quad (22)$$

O coeficiente de determinação(r^2) foi 0,86 e o erro padrão residual(EPR)=5,231.

Figura 18: Peso de ramos, lenha e folhas *versus* diâmetro na base e na altura do peito da espécie *Azadirachta indica*.

Tabela 8: Resultado dos ajustes para estimativas de peso de folhas de nim indiano em função do diâmetro na base (DNB) e diâmetro na altura do peito (DAP).

Modelos		Parâmetros estimados e respectivos intervalos de confiança (95% e t=1,96)				r ²	EPR
Nº	Expressão	β_0		β_1			
1	$P = \beta_0 + \beta_1(\text{DNB})^2H$	3,404584 (1,81439 a 4,99478)		0,0053 (0,00344 a 0,00716)		-	0,64 2,1018
2	$\ln(P) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{DNB}) + \beta_2 \ln(H)$	-2,090405 (-3,32977 a -0,85104)		1,1917 (0,33443 a 2,04897)		0,712174 (-0,15783 a 1,58218)	0,75 0,2940
3	$P = \beta_0 + \beta_1(\text{DAP})^2H$	3,321381 (1,79684 a 4,84592)		0,008568 (0,00575 a 0,01138)		-	0,63 2,0149
4	$\ln(P) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{DAP}) + \beta_2 \ln(H)$	-1,621312 (-2,66562 a -0,57700)		1,090476 (0,24387 a 1,93709)		0,731838 (-0,17815 a 1,64183)	0,74 0,3006

Tabela 9: Resultado dos ajustes para estimativas de peso de ramos (1,2) e lenha (3,4) de nim indiano em função do diâmetro na base (DNB) e diâmetro na altura do peito (DAP).

Modelos		Parâmetros estimados e respectivos intervalos de confiança (95% e t=1,96)		r ²	EPR
Nº	Expressão	β_0	β_1		
1	$P = \beta_0 + \beta_1(\text{DNB})^2H$	5,201168 (1,75761 a 8,64472)	0,011524 (0,0075 a 0,01555)	0,64	4,5515
2	$P = \beta_0 + \beta_1(\text{DAP})^2H$	5,26631 (1,77269 a 8,75993)	0,018068 (0,01161 a 0,02452)	0,63	4,6175
3	$P = \beta_0 + \beta_1(\text{DNB})^2H$	7,826579 (3,82059 a 11,8326)	0,024608 (0,01993 a 0,0293)	0,86	5,2949
4	$P = \beta_0 + \beta_1(\text{DAP})^2H$	7,791951 (3,83372 a 11,7502)	0,038981 (0,03167 a 0,0463)	0,86	5,2316

Nas figuras 19, 20 e 21 são apresentadas as distribuições dos resíduos das equações para espécie nim indiano.

Figura 19: Distribuição de resíduos para a equação de biomassa de folhas da espécie nim indiano.

Figura 20: Distribuição de resíduos para a equação de biomassa de ramos da espécie *Nymphaea indica*.

Figura 21: Distribuição de resíduos para a equação de biomassa de lenha da espécie nim indiano.

As estimativas de biomassa, obtidas com base nos modelos supra citados, são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10: Estimativa de biomassa para moringa e nim indiano considerando os componentes folhas, ramos e lenha.

ESPÉCIE	BIOMASSA (kg/ha)			
	Folhas	Ramos	Lenha	TOTAL
Moringa ¹	853,3	7329,8	22057,1	30240,2
Nim indiano ²	4305,5	7216,4	15021,1	26543,0

¹ Área do plantio 2032 m²

² Área do plantio 8624 m²

Observa-se que a espécie moringa, em termos de componentes analisados, apresentou menor biomassa de folhas e maior biomassa de lenha, em relação a espécie nim indiano. Resultado que era esperado, pois visualmente percebe-se que a quantidade de folhas da moringa é menor que do nim indiano; e com relação a lenha a moringa apresentou toras com diâmetros bem superiores ao nim indiano. No total de biomassa, a espécie moringa apresentou maior valor de biomassa (Figura 22). É importante salientar que foi observado no campo, um teor de umidade na madeira de moringa bastante alto. No entanto, este teor não foi determinado em laboratório.

Figura 22: Biomassa (kg/ha) das espécies moringa e nim indiano considerando diferentes componentes.

4.3.1.3. Estimativas de altura para moringa

Apesar de ter sido coletada as alturas de todos os indivíduos do plantio de moringa, optou-se por fazer uma relação hipsométrica. Antes de testar os modelos, fez-se a análise exploratória dos dados, ou seja, procurou-se observar a relação DNB e DAP *versus* altura.

Pode-se constatar na Figura 23, que as variáveis apresentam um comportamento de grande variação para qualquer nível de DNB ou DAP, apesar da correlação linear e positiva.

Considerando os modelos testados (Tabela 11), o que apresentou melhor ajuste foi:

$$\hat{H} = 2,816262 + 0,236622(DAP) \quad (23)$$

O coeficiente de determinação (r^2) foi 0,56 e o erro padrão residual (EPR)=0,8331. A distribuição dos resíduos é apresentada na Figura 24.

A melhor correlação encontrada foi entre DAP *versus* altura.

Figura 23: Correlação entre diâmetro na base (DNB) e diâmetro a altura do peito (DAP) *versus* altura para a moringa.

Tabela 11: Resultado dos ajustes para relação hipsométrica de moringa em função do diâmetro na base (DNB) e diâmetro na altura do peito (DAP).

Modelos		Parâmetros estimados e respectivos intervalos de confiança (95% e t=1,96)		r^2	EPR
Nº	Expressão	β_0	β_1		
1	$H = \beta_0 + \beta_1(\text{DNB})$	2,343861 (1,92118 a 2,76654)	0,22002 (0,18443 a 0,25561)	0,54	0,8485
2	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{DNB})$	0,117381 (0,09484 a 0,13992)	1,030791 (0,82598 a 1,23560)	0,44	0,0449
3	$H = \beta_0 + \beta_1(\text{DAP})$	2,816262 (2,47459 a 3,15794)	0,236622 (0,19959 a 0,27365)	0,56	0,8331
4	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{DAP})$	0,137669 (0,11856 a 0,15677)	0,585775 (0,46740 a 0,70415)	0,43	0,0452

Figura 24: Distribuição de resíduos para a equação de relação hipsométrica da moringa.

4.3.1.4. Estimativas de altura para nim indiano

Ao contrário do que ocorreu com a moringa, para a espécie nim indiano, somente 30% das alturas foram tomadas. Antes de testar os modelos, fez-se a análise exploratória dos dados, isso, com o objetivo de se observar a relação DNB e DAP *versus* altura.

Semelhante ao que ocorreu com a moringa, constata-se na Figura 25, que as variáveis apresentam um comportamento de grande variação para qualquer nível de DNB ou DAP, apesar da correlação linear e positiva.

Figura 25: Correlação entre diâmetro na base (DNB) e diâmetro a altura do peito (DAP) *versus* altura para a nim indiano.

Considerando os modelos testados (Tabela 12), o que apresentou melhor ajuste foi:

$$\ln \hat{H} = 0,069838 + 1,509661(DNB) \quad (24)$$

O coeficiente de determinação (r^2) foi 0,53 e o erro padrão residual (EPR)=0,0284. A distribuição dos resíduos é apresentada na Figura 26.

Tabela 12: Resultado dos ajustes para relação hipsométrica de nim indiano em função do diâmetro na base (DNB) e diâmetro na altura do peito (DAP).

Modelos		Parâmetros estimados e respectivos intervalos de confiança (95% e t=1,96)		r^2	EPR
Nº	Expressão	β_0	β_1		
1	$H = \beta_0 + \beta_1(DNB)$	1,658725 (1,12179 a 2,19567)	0,291618 (0,24861 a 0,33463)	0,50	0,7044
2	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 \ln(DNB)$	0,069838 (0,05144 a 0,08824)	1,509661 (1,29962 a 1,71971)	0,53	0,0284
3	$H = \beta_0 + \beta_1(DAP)$	2,152902 (1,63315 a 2,67265)	0,306011 (0,25549 a 0,35653)	0,44	0,7426
4	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP)$	0,089481 (0,07245 a 0,10651)	1,039705 (0,88285 a 1,19656)	0,49	0,0296

Figura 26: Distribuição de resíduos para a equação de relação hipsométrica de nim indiano.

4.3.1.5. Estimativas de volume para moringa

Seguindo o mesmo procedimento anterior, para a estimativa de volume, também, foi feita uma análise exploratória dos dados (Figura 27). Observa-se um comportamento não linear assintótico e heterocedástico para aumentos nos valores de DNB e DAP.

O modelo para estimativa de volume que apresentou melhor ajuste foi o n° 1 da Tabela 13, ou seja:

$$\hat{V} = 0,031274 + 0,000007431(DNB)^2 H \quad (25)$$

O coeficiente de determinação (r^2) foi 0,47 e o erro padrão residual(EPR)=0,01. Na figura 28 é apresentada as distribuições dos resíduos para a equação.

Figura 27: Correlação entre diâmetro na base (DNB) e diâmetro a altura do peito (DAP) *versus* volume para a moringa.

Tabela 13: Resultado dos ajustes para estimativas de volume de moringa em função do diâmetro na base (DNB) e diâmetro na altura do peito (DAP).

Nº	Modelos	Parâmetros estimados e respectivos intervalos de confiança (95% e t=1,96)			r ²	EPR
		β_0	β_1	β_2		
1	$V = \beta_0 + \beta_1(\text{DNB})^2H$	0,031274 (0,023959 a 0,038589)	0,000007431 (0,000003 a 0,000012)	-	0,47	0,0100
2	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{DNB}) + \beta_2 \ln(H)$	-4,866353 (-5,56252 a -4,17019)	0,719984 (0,27342 a 1,16655)	-0,120044 (-0,86771 a 0,62762)	0,68	0,2004
3	$V = \beta_0 + \beta_1(\text{DAP})^2H$	0,03342 (0,026479 a 0,040362)	0,000008071 (0,000003 a 0,000013)	-	0,42	0,0104
4	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{DAP}) + \beta_2 \ln(H)$	-4,290712 (-5,0196 a -3,56182)	0,618559 (0,24256 a 0,99456)	-0,213971 (-0,9973 a 0,56936)	0,69	0,1986

Figura 28: Distribuição de resíduos para a equação de volume moringa.

4.3.1.6. Estimativas de volume para nim indiano

Dentre os modelos testados para estimativa de volume do nim indiano, o que apresentou melhor ajuste para esta relação foi o modelo n° 6 da Tabela 14. Antes de testar os modelos, fez-se uma análise exploratória dos dados, onde relacionou-se o DNB e o DAP com o volume. Na figura 29 é apresentada esta análise. O modelo apresentou os seguintes parâmetros:

$$\hat{V} = 0,008883 + 0,000038286(DAP)^2 H \quad (26)$$

Tabela 14: Resultado dos ajustes para estimativas de volume de nim indiano em função do diâmetro na base (DNB) e diâmetro na altura do peito (DAP).

Nº	Modelos	Parâmetros estimados e respectivos intervalos de confiança (95% e t=1,96)			r ²	EPR
		β_0	β_1	β_2		
1	$V = \beta_0 + \beta_1(\text{DNB})^2H$	0,009141 (0,004497 a 0,013785)	0,000023845 (0,000018 a 0,000029)	-	0,81	0,0006
2	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{DNB}) + \beta_2 \ln(H)$	-8,238455 (-9,20778 a -7,26913)	1,700943 (1,03046 a 2,37142)	0,254083 (-0,42636 a 0,93453)	0,85	0,2299
3	$V = \beta_0 + \beta_1(\text{DAP})^2H$	0,008883 (0,004556 a 0,013209)	0,000038286 (0,00003 a 0,000046)	-	0,83	0,0054
4	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{DAP}) + \beta_2 \ln(H)$	-7,5279 (-8,41665 a -6,63915)	1,505279 (0,78478 a 2,22578)	0,32744 (-0,447 a 1,10188)	0,81	0,2558

O coeficiente de determinação (r^2) foi 0,83 e o erro padrão residual (EPR)=0,0054. A distribuição dos resíduos referente ao modelo pode ser vista na Figura 30.

Figura 29: Correlação entre diâmetro na base (DNB) e diâmetro a altura do peito (DAP) *versus* volume para o nim indiano.

Figura 30: Distribuição de resíduos para a equação de volume moringa.

4.3.2. Produção volumétrica

Utilizando-se os modelos escolhidos, fez-se a estimativa de volume de madeira para as duas espécies estudadas. A estimativa de volume sólido para espécie nim indiano foi de $15,52\text{m}^3/\text{ha}$, enquanto que para a moringa o volume sólido estimado foi de $23,14\text{m}^3/\text{ha}$ (Figura 31).

Figura 31: Produção volumétrica (m^3/ha) das espécies moringa e nim indiano.

Andrade et al. (1990) avaliando o comportamento de espécies exóticas na região semi-árida do Rio Grande do Norte, verificaram, aos 4 anos de idade, que a espécie *Eucalyptus alba* apresentou um volume cilíndrico de $16 \text{ m}^3/\text{ha}$ e para a espécie *E. citriodora* este valor foi de $56 \text{ m}^3/\text{ha}$. Foram estas duas espécies, as que apresentaram o menor e o maior volume cilíndrico, respectivamente. No caso das espécies aqui estudadas, os valores da mesma variável se situam dentro desta faixa.

Nesta mesma região e em um plantio de mesma idade, Oliveira e Lima (1990) encontraram para o *Eucalyptus creba*, valores de volume cilíndrico de $10,7 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Em se tratando de área basal, encontrou-se os seguintes resultados: para nim indiano $9,1 \text{ m}^2/\text{ha}$ e para moringa $6,9 \text{ m}^2/\text{ha}$. Ao analisar estes resultados, verifica-se que as espécies apresentam valores distintos com relação a área basal, sendo que o nim apresenta uma maior ocupação de área que a moringa (Figura 32).

Figura 32: Estimativas de área basal (m^2/ha) das espécies moringa e nim indiano.

4.3.3. Análises da madeira

Na tabela 15 são apresentados os valores encontrados para densidade básica, rendimento de carbonização, poder calorífico e análise química do carvão, obtidos a partir da amostra de madeira, para as duas espécies.

Tabela 15: Características energéticas de moringa e nim indiano ($420^\circ C \pm 1^\circ$)

ESPÉCIE	Densidade básica (g/cm^3)	Poder calorífico (kcal/kg);	Rendimento em carvão (%)	Cinzas (%)	Carbono Fixo (%)
Moringa	0,19	4121,4	40,99	8,45	70,35
Nim	0,57	4088,5	38,20	2,11	81,82

Constatou-se que a moringa apresentou maior poder calorífico que o nim indiano, entretanto, ao verificar o valores obtidos para

carbono fixo, o nim apresentou maior porcentagem. O que pode indicar, que esta espécie apresenta maior potencial energético que a moringa. Para o teor de cinzas, a moringa apresentou valor quatro vezes superior ao do nim indiano. O que, na produção de carvão, não é considerado um bom fator. O teor de cinzas obtido para a espécie moringa, se comparado com os valores encontrados por Lima et al. (1996), para espécies nativas da região semi-árida, é bem superior. O maior valor encontrado por estes autores, foi para a espécie baraúna (3,26%).

Com relação aos valores de poder calorífico e rendimento de carvão, ambas espécies, apresentaram valores próximos.

A densidade básica da moringa se comparada com algumas espécies da caatinga é considerada baixa. O angico por exemplo apresenta uma densidade em torno de $0,78(\text{g}/\text{m}^3)$, segundo Drumond et al. (1984). Esta baixa densidade evidencia que a espécie não apresenta potencial para utilização em construções e para fins de produção de celulose.

Ao contrário da moringa, a espécie nim indiano apresentou uma densidade básica bem maior $0,57 \text{ g}/\text{cm}^3$. No entanto, ao comparar este valor com valores obtidos para algaroba, uma outra espécie exótica introduzida na região semi-árida, verifica-se que este é menor. O mesmo acontece quando esta comparação é feita com valores de densidade básica (g/cm^3) obtidos para algumas espécies nativas da região (Figura 33).

Este valor de densidade básica é bem próximo do valor encontrado por Lima (1984) para outra espécie exótica, utilizada na região semi-árida, a leucena que foi de $0,54 \text{ g}/\text{cm}^3$.

*Espécies exóticas; ** Espécies Nativas; *** Espécies estudadas.

Figura 33: Comparação da densidade básica (g/cm^3) entre as espécies avaliadas e outras cultivadas no semi-árido do Nordeste brasileiro.

Os resultados obtidos para teor de extrativos totais, lignina, holocelulose, licor, gás não condensado e materiais voláteis, podem ser vistos na Tabela 16.

Tabela 16: Valores percentuais de extrativos totais, lignina, holocelulose, licor, gás não condensado e materiais voláteis para moringa e nim indiano.

ESPÉCIE	Ext. totais (%)	Lignina (%)	Holocelulose (%)	Licor (%)	Gás não condensado (%)	Mat. voláteis (%)
Moringa	15,48	22,48	62,03	33,74	27,66	21,20
Nim	8,46	23,52	68,01	41,87	25,35	15,72

Após as análises laboratoriais, observou-se que as amostras de madeira coletadas da moringa, foram atacadas por fungos. Isto

inicialmente pode indicar uma pré-disposição da espécie a uma rápida deterioração da madeira. Um fator considerado desfavorável para aquelas madeiras que se destinam a usos em pequenas construções.

É provável a existência de açúcares, dentre os extrativos da madeira, isto justificaria o ataque de fungos e, conseqüentemente, a deterioração da madeira.

Os resultados obtidos para extrativos totais e materiais voláteis, foram maiores para moringa, no primeiro caso, cerca de duas vezes mais. Verificou-se valores maiores para o nim indiano, somente nos casos de porcentagem de lignina e de licor.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo pode ser considerado como pioneiro no que se refere a avaliação de características silviculturais das espécies moringa e nim indiano no Brasil e também, como estudo comparativo com outras espécies exóticas que vem sendo pesquisadas na região semi-árida e com espécies nativas da caatinga.

Através dos resultados obtidos neste trabalho, é possível chegar as seguintes conclusões:

- 1 - As espécies estudadas, dentro de suas limitações, podem contribuir para com o setor florestal da região semi-árida, face aos múltiplos usos das mesmas;
- 2 - O nim indiano apresentou maior densidade básica ($0,57 \text{ g/cm}^3$) e porcentagem de carbono fixo (81,82 %) que a moringa, o que revela um maior potencial para fins energéticos desta espécie;
- 3 - A moringa apresenta uma densidade básica muito baixa se comparada com espécies nativas da região semi-árida, não se prestando para utilização em construções rurais;
- 4 - O modelo que apresentou melhor correlação, para a espécie moringa, foi o que correlacionou o peso *versus* o diâmetro na

base, tanto para as estimativas de biomassa, quanto para as estimativas de produção volumétrica;

- 5 – Para a espécie nim indiano o modelo que apresentou melhor correlação, no caso da estimativa de biomassa de folhas, lenha e produção volumétrica, foi o que correlacionou peso *versus* diâmetro à altura do peito, enquanto que para a estimativa de biomassa de ramos, a melhor correlação, foi obtida pelo modelo que correlacionou peso *versus* diâmetro na base;

Os plantios onde foram coletadas as informações usadas neste trabalho não tiveram, desde sua implantação, um acompanhamento científico. O que seria muito interessante, pois permitiria avaliar o incremento volumétrico anual, número de florações anuais, a produção de frutos por árvore, dentre outros. Sugere-se então a formação de novos plantios, inicialmente com teste de procedências e diferentes espaçamentos, em regiões semi-áridas. Um acompanhamento desde o início do plantio irá permitir observações fenológicas e silviculturais.

Outra sugestão diz respeito a testar o comportamento destas espécies em áreas abandonadas, por apresentarem processo de salinização, e áreas degradadas. Pois dependendo da resistência das espécies a tais condições, estas poderiam vir a ser utilizadas como opção de recuperação destas extensas áreas no semi-árido do Nordeste do Brasil.

As duas espécies estudadas são tratadas na literatura como sendo espécies de múltiplo uso ou seja, diversas partes da planta podem ser utilizadas de diferentes formas. Este é um aspecto importante a ser considerado, pois estas árvores poderiam funcionar

como opção para obtenção de mais de um produto florestal. Na hipótese de uso das espécies em uma escala maior, o produtor rural poderá utilizá-las de forma a obter mais de uma fonte de renda, através da diversificação de produtos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, K.U. Anti-ulcerogenic evaluation of the methanolic extrasts of some indigenous medicinal plants of Pakistan in aspirin-ulcerated rats. **Journal Ceral. Chem.**, 70, p. 619-626, 1995.

AHMED, S. & GRAINGE, M. Potential of the Neem Tree (*Azadirachta indica*) for Pest Control and Rural Development. **Economic Botany**, 40(2), p.201-209, 1986.

ALBUQUERQUE, S.G. Pastagens nativas da caatinga. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, 1979. 9p.

AMAYA, D.R.; KERR, W.E.; GODOI, H.T. et al. Moringa: Hortaliza arbórea rica em beta-caroteno. **Horticultura Brasileira**, 10(2), p.126, nov. 1992.

ANDRADE, G.C. Comportamento de espécies de eucalipto em Pedro Avelino-RN. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, n. 62, jul. 1990. 2p.

ANDRADE, I.V. Contribuição da SUDENE para utilização do Potencial Florestal do Semi-árido. In: SEMINÁRIO SOBRE POTENCIALIDADE FLORESTAL DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1, João Pessoa, 1984. I SEMIFLORA. João Pessoa, 1984. p.9-17.

- ARAÚJO FILHO, J.A. & CARVALHO, F.C. Desenvolvimento Sustentado da Caatinga. Sobral: EMBRAPA/CNPC, 1996, 18p.
- ARAÚJO FILHO, J.A. Manipulação da vegetação da caatinga para fins pastoris. In: SEMINÁRIO NORDESTINO SOBRE A CAATINGA, 1, João Pessoa, 1995. Anais, João Pessoa, IBAMA/PB, 1996. p.67-98.
- ARAÚJO, A.A. Efeito do estresse salino no processo germinativo da moringa (*Moringa oleifera* Lam.). Patos, 1997. 35p. Monografia (Graduação) –UFPB/CSTR.
- BAUMER, M. Notes on Trees and Shrubs in arid and semi-arid regions. Rome: FAO, 1983, 280p.
- BRAGA, R. Plantas no Nordeste, especialmente do Ceará. Fortaleza: ESAM, 1976. 540p.
- BRAID, E.C. Importância sócio-econômica dos recursos florestais no Nordeste do Brasil. In: SEMINÁRIO NORDESTINO SOBRE A CAATINGA, 1, João Pessoa, 1995. Anais, João Pessoa, IBAMA/PB, 1996. p.9-16.
- BRANCO, S.M. CAATINGA: A paisagem e o homem sertanejo. São Paulo: Moderna, 1994, 55p.
- BRASIL. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. Interpretação para uso agrícola. Rio de Janeiro: Sudene, 1972. 670p.
- BRASIL. Manejo Florestal Sustentado da Caatinga. Brasília: IBAMA/PNUD/FAO/BRA/93-033, 1996. 24p.

BRASIL. Programa Nacional de Conservação e Desenvolvimento Florestal Sustentado. Brasília: SENAM/IBAMA/PNUD-FAO, 1991.

BRASIL/MA. Estudos básicos para o levantamento agrícola: Aptidão agrícola das terras da Paraíba. Brasília: BINAGRI, v.3, 1978. p.23.

BRITO, J.O. & BARRICHELO, L.E.G. Química da Madeira. Piracicaba: ESALQ/DS, 1983. 136p.

BRITO, J.O. Extrativos da Madeira. Piracicaba: ESALQ/DCF, s.d. 13p.

CÁCERES, A. et al. Notes on Economic Plants. **Economic Botany**, 45(4), p.522-523, 1991.

CÁCERES, A. et al. Pharmacologic properties of *Moringa oleifera* 1: Screening of activity against pathogenic microorganisms. Guatemala: CEMAT, 1991, 10P.

CAMPELLO, F.B.; SILVA, J.A.; GARIGLIO, M.A.; LEAL, A.M.A. Indicadores sócio-econômicos do setor florestal na região Nordeste. Recife: MMA/IBAMA, 1995, 17p.

CAMPELLO, F.C.B.; SENA, C.M.; PAREYN, F.G. Proposta de Integração da Atividade Florestal ao Sistema Agrário da Região do Seridó-RN. Natal: PNUD/FAO/BRA,n.3, dez. 1990, 13p. (Circular Técnica).

CARVALHO, S.M. & FERREIRA, D.T. Santa Bárbara contra vaquinha. **Ciência Hoje**, São Paulo, v.11, n.65, p.65-67, ago. 1990.

CAVALCANTE, A.L. NEEM: A árvore indiana da cura. **Manchete Rural**, n.180, p.34-36, mar. 1997.

COUTINHO, A.R. Qualidade do carvão vegetal correlacionada com as características da madeira de *Eucalyptus saligna* e temperatura de carbonização. Piracicaba, 1984. 138p. Dissertação de Mestrado – ESALQ/USP.

DRUMOND, M.A.; PIRES, I.L.; BRITO, J.O. Uma alternativa para Preservar as Espécies Nativas do Nordeste Semi-árido. In: SEMINÁRIO SOBRE POTENCIALIDADE FLORESTAL DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1, João Pessoa, 1984. I SEMIFLORA. João Pessoa, 1984. p.51-52.

EGLER, W.A. Contribuição ao estudo da caatinga pernambucana. **Revista Brasileira de Geografia**, 13(4), p.577-8, dez. 1951.

EMBRAPA. Embrapa Semi-árido dimensiona degradação dos solos da Paraíba. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, s/d. 3p.

FERNANDES, A. Biodiversidade do Semi-árido Nordestino. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.4, p.119-24, mar. 1992.

FERREIRA, R.L.C. Análise Estrutural da Vegetação da Estação Florestal de Experimentação de Açu-RN, como subsídio básico para o manejo florestal. Viçosa, 1988. 90p. Dissertação de Mestrado – UFV.

FOLKARD, G. & SUTHERLAND, J. *Moringa oleifera*: A multipurpose tree. **Footsteps**, n.20, p.14-15, 1986.

- FOLKARD, G.K. Natural coagulants at pilot scale. Nepal: Loughborough Univ. Press, 1994, p. 51-54.
- GERDES, G. Como limpar e tratar água suja com sementes de moringa. Fortaleza: ESPLAR, 1997. 18p.
- GERDES, G. O uso das sementes da árvore *Moringa* para o tratamento de água turva. Fortaleza: ESPLAR, 1996. 13p.
- GOLFARI, L. & CASER, R.L. Zoneamento ecológico da Região Nordeste para experimentação florestal. Belo Horizonte: PRODEPEF, 1977, 116p.
- GOMES, M.A.F. Os cariris velhos: Condicionantes climáticos. **Vegetalia**, n.13, 14p., 1980.
- GOMES, M.A.F. Padrões de Caatinga nos Cariris Velhos, Paraíba. Fortaleza, Cnpq. 1981. 88p. Dissertação de Mestrado – UFRPE.
- GUERRA, M.S. Receituário caseiro: alternativas para o controle de pragas e doenças de plantas cultivadas e de seus produtos. Brasília: Embrater, 1985. 166p.
- GUIMARÃES FILHO, C. & SOARES, J.G.G. Desenvolvimento de bezerros desmamados pasteando caatinga e capim buffel e suplementados com feno de leucena. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, 1997. 4p.
- HEGDE, N.G. Neem and small farmers – constraints at grass root level. **The Indian Forester**, v.121,n.11, p.1040-1048, nov. 1995.
- HUECK, K. As Florestas da América do Sul. São Paulo: Ed. Polígono, 1972, 350p.

IBGE. Anuário Estatístico do Brasil. Fundação IBGE, 1996.

ISAIA, T. & BARCELLOS, N.D.E. Proposta de Direcionamento da Política Florestal para a Região Nordeste do Brasil. Natal: PNUD/FAO/BRA,n.14, mar. 1992, 8p. (Circular Técnica).

JAHN, S.A.; MUSNAD H.A.; BURGSTALLER, H. Un árbol que purifica el agua: cultivo de Moringaceae para usos múltiples en el Sudán. **Unasyuva**, v.38(2), p.23-28, 1986.

JAHN, S.A.A. Monitored water coagulation with Moringa seeds in village households. GTZ, **Gate**, (1), 1989, p.40-41.

KIRMSE, R.D. et al. Woody Plants of the Northern Ceará Caatinga. Utah: USU/EMBRAPA-CNPC, 1983, 49p.

KOUL, O.; ISMAN, M.B.; KETKAR,C.M. Properties and uses of nemm, *Azadirachta indica*. **Canadian Journal of Botany**, v.68(1), p.1-11, 1990.

KUHLMAN, E. Vegetação. **Geografia do Brasil**, Região Nordeste. Rio de Janeiro, IBGE, v.2, 1977. p. 85-110.

KULKAMI, D.R. Studies on the anti-inflammatory and wound healing properties of *M. oleifera* and *Aegle marmelos*. India: Fitoterapia, 65:2, p.199-123, 1994.

LEITE, E.R.; ARAÚJO FILHO, J.A.; MESQUITA, R.C.M. Ecossistema semi-árido. Sobral: EMBRAPA/CNPC, 1994. 15p.

- LIMA, J.L.S. et al. Características físico-mecânicas e energéticas de madeiras do trópico semi-árido do Nordeste do Brasil. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, n. 63, mar. 1996. 12p.
- LIMA, M.F.; OLIVEIRA, C.R.; RODRIGUES, S.R.S.; SILVA, F.M. Estudo da recuperação da caatinga submetida ao manejo florestal visando a produção. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, 1994, Curitiba. Anais. São Paulo: SBS, 1993, v.1, p.356-358.
- LIMA, P.C.F. & GALVÃO, A.P.M. A pesquisa com Algarobeira desenvolvida pela EMBRAPA/IBDF no Nordeste Semi-Árido. Brasília: EMBRAPA, 1984. 21p.
- LIMA, P.C.F. ALGARROBA: Uma das alternativas para o Nordeste. **Brasil Florestal**, n.58, p.47-54, jun. 1984.
- LIMA, P.C.F. Armazenamento de sementes de neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) – Meliaceae. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 10, Fortaleza, 1997, v.7, p.235.
- LIMA, P.C.F. Comportamento de *Leucaena leucocephala* comparado com *Prosopis juliflora* e *Eucalyptus alba* em Petrolina região semi-árida do Brasil. Curitiba, 1982. 96p. Dissertação de Mestrado – UFPR.
- LIMA, P.C.F. Comportamento silvicultural de *Azadirachta indica* A.Juss. (Neem) no semi-árido brasileiro. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, n. 89, mai. 1998, p.1-4.
- LIMA, P.C.F. Espécies arbóreas e arbustivas de uso múltiplo na região semi-árida brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE

- SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1, 1994, Porto Velho. Anais. Colombo: EMBRAPA/CNPQ, 1994. v.1. 522p.
- LIMA, P.C.F. Sistemas Agrossilviculturais desenvolvidas no semi-árido brasileiro. **Boletim Pesquisa Florestal**, n.16, p.7-17, jun. 1989.
- LIMA, P.C.F. Tree productivity in the semiarid zone of Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.16, n.1-4, p.5-13, out. 1986.
- LIMA, P.C.F. Usos múltiplos da leucena: Produtividade no Semi-árido brasileiro. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, 1986. 10p.
- LINS, J.R.P. & MEDEIROS, A.N. Mapeamento da cobertura florestal nativa lenhosa do Estado da Paraíba. João Pessoa: PNUD/FAO/IBAMA/GOVERNO DA PARAÍBA, 1994. 44p.
- MAYER, F.A. & STELZ, E. *Moringa stenopetala* provides food and low-cost water purification. **Agroforestry Today**, v.5, n.1, mar. 1993, p.16-18.
- MEIRA, P.R. et al. Diagnóstico do setor florestal do Estado da Paraíba. João Pessoa: IBAMA, 1994. 84p.
- MENDES, B.V. O Semi-árido brasileiro. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.4, p.394-9, mar. 1992.
- MENDIA, F.A. et al. Pharmacological properties of *Moringa oleifera*. Guatemala: **Journal of Ethnopharmacology**, 33:3, p.213-216, 1991.

- MISHRA, R.N. Neem improvement research at arid forest research institute, Jodhpur. **The Indian Forester**, v.121,n.11, p.997-1002, nov. 1995.
- MORTON, J.F. The Horseradish Tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae) – A Boon to Arid Lands ?. **Economic Botany**, 45(3), p.318-333, 1991.
- NAGY, J.L. (Coord.) Manual do Técnico Florestal: apostilas do Colégio Florestal de Irati. Campo Longo: Ingra S.A., 1986, v.4. 364p.
- NEVES, B.P. & NOGUEIRA, J.C.M. Cultivo e utilização do nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss.) Goiânia: EMBRAPA/CNPAP, 1996. 32p.
- NÓBREGA, F.A. & LIMA, J.M.C. Importância sócio-econômica dos recursos florestais do Estado da Paraíba. João Pessoa: PNUD/FAO/IBAMA/GOVERNO DA PARAÍBA, mai. 1994. 38p.
- OLIVEIRA, V.R. & LIMA, P.C.F. Ensaio de procedências de *Eucalyptus creba* F. Muell em Petrolina-PE. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, n. 61, abr. 1990. 2p.
- PINTO, A.A. Trópico Semi-árido: resumos informativos. Brasília: DID/EMBRAPA, 1977, v.1, 180p.
- PIRES, I.E. et al. Curso de Atualização Geral para Técnicas Agrícolas e Florestais. Viçosa: UFV/SIF, 1992. 138 p.
- RADWANSKI, S.A. & WICKENS, G.E. Vegetative Fallows and Potential Value of the Neem Tree (*Azadirachta indica*) in the Tropics. **Economic Botany**, 35(4), p.398-414, 1981.

- RAMACHANDRAN, C. Studies on the performance of “annual drumstick (*Moringa oleifera*) at Comibatore. **South India Horticulture**, 30, p.95-98, 1980.
- RAMACHANDRAN, C.; PETER, K.V.; GOPALAKRISHNAN, P.K. Drumstick (*Moringa oleifera*): A Multipurpose Indian Vegetable. **Economic Botany**, 34(3), p.276-283, 1980.
- RAWAT, G.S. Neem (*Azadirachta indica*) – Nature’s drugstore. **The Indian Forester**, v.121,n.11, p.977-980, nov. 1995.
- RIBASKI, J. & LIMA, P.C.F. Especies Arboreas y Arbustivas para Las Zonas Aridas y Semiaridas de America Latina. Santiago: FAO/PNUMA, n. 12, 1997, p. 105-153.
- RIBASKI, J. Comportamento da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC) e do capim-búfel (*Cenchrus ciliaris* L.), em plantio consorciado, na região de Petrolina, PE. Viçosa, 1986. 58p. Dissertação de Mestrado-UFV.
- RIBASKI, J. Pesquisas agro-silviculturais em andamento na região semi-árida brasileira (Resultados Preliminares). Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, 1994, 10p.
- RIBASKI, J. Sistemas agroflorestais para o semi-árido. In: SEMINÁRIO NORDESTINO SOBRE A CAATINGA, 1, João Pessoa, 1995. Anais, João Pessoa, IBAMA/PB, 1996. p.33-34.
- SAMPAIO, E.V.S.B. et al. Caatingas e cerrados do NE – biodiversidade e ação antrópica. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DA

- DESERTIFICAÇÃO, 3, 1994, Fortaleza. Anais. Fortaleza: UFPE/UFRPE/UFPI, 1994, p.1-15.
- SCOLFORO, J.R.S. Mensuração florestal 3: Relações quantitativas, em volume, peso e a relação hipsométrica. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 292p.
- SILVA, A.R. Estudos sobre o gênero *Moringa*. Uberlândia, 1996. 87p. Dissertação de Mestrado – UFU/CCB.
- SILVA, H.D. et al. Novas Tecnologias para Reflorestamento na Região Semi-árida. In: SEMINÁRIO SOBRE POTENCIALIDADE FLORESTAL DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1, João Pessoa, 1984. I SEMIFLORA. João Pessoa, 1984. p.47-50.
- SILVA, V.M. Pesquisas florestais: Resultados obtidos. In: SEMINÁRIO NORDESTINO SOBRE A CAATINGA, 1, João Pessoa, 1995. Anais, João Pessoa, IBAMA/PB, 1996. p.45-63.
- SOUTO, J.S. et al. Estudo da Composição da Semente de *Moringa* (*Moringa oleifera*, Família *moringaceae*) de duas Procedências Distintas. In: NATIONAL CONGRESS OF GENETICS, 42, 1996, Caxambu. Anais. Caxambu: SBG, set. 1996, v.19, n.3, p.203.
- SOUZA, H.M. Influência do substrato na germinação e vigor das sementes de *moringa* (*Moringa oleifera* Lam.) São Luis, 1994. 20p. Monografia (Graduação) – Unidade de Estudos de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão.
- SUTHERLAND, J.P.; FOLKARD, G.K.; MTAWALI, M.A. et al. *Moringa oleifera* as a natural coagulant. In: CONFERENCE AFFORDABLE

WATER SUPPLY AND SANITATION, 20, Sri Lanka, 1994. 20th Wcdc Conference. Sri Lanka, 1994. p.273-275.

SUTHERLAND, J.P.; KHALILI, R.; FOLKARD, G.K. *Moringa oleifera* – A multipurpose tree. U.K.: University of Leicester, 1995, 23p.

TIGRE, C.B. Pesquisa e Experimentação Florestal para a Zona Seca. Fortaleza: DNOCS, 1970. 149p.

TIGRE, C.B. Porque reflorestamento no polígono das secas. Fortaleza: DNOCS, 1970, 146p.

VIRGÍNIO FILHO, E. Aspectos ambientais do semi-árido – Sociedade x Ecologia. In: SEMINÁRIO NORDESTINO SOBRE A CAATINGA, 1, João Pessoa, 1995. Anais, João Pessoa, IBAMA/PB, 1996. p.17-25.

ZAKIA, M.J.B.; PAREYN, F.G.; RIEGELHAUPT, E. Equações de peso e volume para oito espécies lenhosas nativas do Seridó-RN. Natal: PNUD/FAO/BRA, 1990, 5p. (Circular Técnica).

APÊNDICE

Dados originais formatados para análise estatística via SAS

Kg/árv de folhas, ramos e lenha, DNB, DAP e altura das árvores de

Moringa

Arquivo: MORPES.PRN

Colunas (Folhas, Ramos, Lenha, DNB, DAP e Altura)

0.3	16.0	50.6	24.2	23.0	7.50
1.6	19.0	49.7	22.6	20.0	7.00
2.0	32.5	71.8	19.1	16.0	6.75
1.0	12.0	47.7	18.1	16.0	6.00
1.0	12.0	30.3	17.8	14.0	6.50
1.5	21.0	54.2	17.2	15.3	5.25
0.5	15.5	48.6	15.0	12.1	5.75
0.6	13.0	41.2	14.5	11.5	6.00
1.2	12.0	39.0	14.0	9.2	5.25
1.0	13.0	39.7	13.1	10.5	6.25
0.5	7.0	38.5	11.0	6.0	4.25
0.3	12.0	36.0	10.0	8.0	5.00
0.7	13.0	31.7	9.2	7.0	3.75
0.8	10.0	29.2	8.9	6.0	4.25
0.7	8.0	28.3	7.6	6.0	6.25
0.7	7.0	25.4	7.3	5.1	3.50
0.7	10.0	19.6	7.0	4.0	3.75
0.6	6.5	22.4	6.4	5.1	3.50

Volume (m³/árv), DNB (cm), DAP (cm) e Altura (m) das árvores de
Moringa

Arquivo: MORVOL.PRN
 Colunas (Volume, DNB, DAP e Altura)

0.054652	24.2	23.0	7.50
0.050715	22.6	20.0	7.00
0.069975	19.1	16.0	6.75
0.047747	18.1	16.0	6.00
0.030904	17.8	14.0	6.50
0.059915	17.2	15.3	5.25
0.051839	15.0	12.1	5.75
0.041087	14.5	11.5	6.00
0.044215	14.0	9.2	5.25
0.040681	13.1	10.5	6.25
0.040157	11.0	6.0	4.25
0.034857	10.0	8.0	5.00
0.032144	9.2	7.0	3.75
0.034497	8.9	6.0	4.25
0.029143	7.6	6.0	6.25
0.028458	7.3	5.1	3.50
0.017849	7.0	4.0	3.75
0.026544	6.4	5.1	3.50

Altura (m), DNB (cm) e DAP (cm) das árvores de **Nim**

Arquivo: NIMALT.PRN
Colunas (Altura, DNB e DAP)

5.75	14.00	11.00
4.75	14.50	13.00
6.50	18.00	15.50
6.00	14.00	11.00
3.50	10.00	7.00
5.00	13.00	10.50
5.00	10.00	9.00
4.25	10.50	9.60
6.50	12.50	11.50
6.75	15.00	12.00
6.50	17.00	13.50
5.75	14.00	10.50
5.25	14.00	12.50
4.00	11.50	9.50
8.00	14.50	12.50
5.50	13.00	10.50
3.25	7.00	5.00
5.25	14.00	11.50
6.00	12.50	11.00
7.00	14.50	13.00
7.00	15.50	13.50
3.00	8.50	7.00
6.25	16.00	12.00
6.00	14.00	11.00
4.25	9.50	7.80
3.25	7.00	5.40
4.75	10.50	9.20
4.50	13.00	10.50
4.00	11.00	9.50
5.25	15.00	12.00
6.75	14.00	11.00
7.00	14.50	11.50
4.50	12.00	10.00
4.75	13.00	11.00
4.50	14.00	11.00
4.00	13.00	10.00
5.50	14.00	12.00
4.75	11.00	11.30
4.50	12.00	11.00
5.50	13.50	11.00

5.75	14.00	10.50
3.75	12.50	9.00
5.75	12.50	10.50
5.50	15.00	10.50
5.50	15.00	11.00
6.00	14.00	12.00
5.50	13.00	11.00
5.25	13.00	11.00
5.00	12.50	10.60
5.75	13.00	10.50
6.00	12.00	9.50
5.50	14.50	12.00
6.50	15.00	12.00
6.75	14.00	11.00
7.00	13.00	10.50
7.00	13.00	11.00
5.50	14.00	11.00
5.75	13.00	11.00
4.25	12.50	9.50
5.75	14.00	12.00
5.00	12.50	12.80
5.50	14.50	13.60
5.25	10.50	8.00
3.50	8.00	6.70
6.75	16.50	13.00
5.25	12.50	10.50
6.25	13.00	11.00
5.25	13.00	11.00
4.75	12.00	10.50
5.00	12.50	10.60
6.75	14.00	11.50
6.00	10.50	9.00
5.00	12.50	11.00
6.50	17.00	13.00
5.00	12.00	10.00
5.75	13.00	10.50
6.00	13.00	10.00
4.50	13.00	12.50
5.50	12.50	11.00
7.00	13.50	11.00
6.25	13.50	11.00
4.50	13.50	11.00
6.75	16.00	12.00
6.75	17.00	14.90
5.25	13.50	11.50
5.75	13.00	12.00

6.50	13.00	11.00
5.00	12.00	11.40
4.00	8.00	7.50
3.25	8.00	6.30
3.75	8.00	5.50
6.00	13.50	11.00
7.00	16.00	12.00
5.25	13.00	11.00
4.25	13.00	8.50
5.25	14.00	11.00
3.75	8.00	6.00
4.25	7.50	6.00
4.00	8.00	6.00
5.50	9.00	7.00
5.75	12.00	10.50
5.00	14.00	11.50
5.50	14.50	11.00
5.75	16.00	11.50
6.75	15.00	12.50
6.00	13.00	11.50
5.75	12.00	10.00
4.75	10.00	8.00
4.25	10.00	7.50
4.25	12.00	9.90
5.50	14.50	11.50
6.00	14.50	13.50
5.75	14.50	10.50
5.75	13.50	10.50
6.50	14.50	12.00
4.25	13.50	13.30
5.00	11.00	10.60
3.75	10.00	8.00
6.50	14.00	11.50
4.50	12.00	11.00
5.75	13.00	11.50
5.50	16.00	13.10
5.75	10.00	8.00
5.25	12.50	10.50
6.00	11.50	9.50
5.25	13.00	10.00
4.75	8.00	6.50
5.50	10.00	8.00
4.00	8.50	7.00
6.50	14.00	11.50
6.50	13.00	11.00
4.00	10.50	7.50

3.50	9.00	8.00
4.75	8.50	7.00
4.50	8.50	7.00
4.50	9.00	7.00
6.25	14.00	14.20
5.75	11.00	8.50
4.25	9.50	6.50
4.00	9.00	8.90
3.75	8.00	6.50
4.75	10.50	9.60
5.00	12.00	9.50
3.75	10.50	8.00
5.75	11.50	10.00
5.50	12.50	10.00
5.75	12.50	10.00
5.25	12.50	9.50
6.50	10.00	8.00
5.00	8.00	6.00
6.00	11.50	9.00
5.00	8.50	6.50
4.50	12.00	9.50
5.50	12.00	10.00
6.50	13.00	10.00
6.00	12.00	9.50
4.25	9.50	7.00
6.00	14.00	11.50
5.25	15.00	12.00
5.50	12.50	10.50
4.50	9.50	7.50
4.00	9.00	7.00
5.00	13.50	11.00
4.75	13.00	10.50
4.50	10.00	9.90
3.25	11.50	11.60
5.25	13.00	10.00
5.00	14.00	11.00
3.50	9.00	6.50
3.75	6.50	5.50
5.00	10.00	8.00
4.75	15.00	11.00
5.50	14.50	11.00
4.25	7.00	5.00
3.00	6.50	5.00
5.00	11.00	8.00
4.25	9.50	7.00
5.75	16.50	14.90

4.50	10.50	8.80
4.25	11.00	8.00
4.50	11.50	9.00
4.25	10.50	8.50
6.25	15.50	13.50

Kg/árv de folhas, ramos e lenha, DNB, DAP e Altura das árvores de
Nim

Arquivo: NIMPES.PRN
Colunas (Folhas, Ramos, Lenha, DNB, DAP e Altura)

10.5	20.8	47.8	17.0	13.0	6.50
11.8	22.7	48.3	16.5	13.0	6.75
11.3	19.7	41.2	14.0	12.0	5.75
8.7	19.6	35.0	14.0	10.5	5.25
12.3	22.6	38.2	13.5	12.5	5.00
10.6	20.6	39.5	13.5	11.0	7.25
10.0	23.3	40.3	13.5	10.0	6.75
12.5	25.5	32.2	12.5	9.5	4.25
6.3	12.5	36.4	12.0	10.0	4.50
6.8	9.7	21.0	12.0	7.0	4.00
3.7	6.4	15.4	11.0	9.5	4.00
8.2	17.8	23.5	11.0	8.0	4.25
5.0	7.0	13.3	10.5	8.0	5.25
6.5	10.4	17.5	10.0	8.0	5.00
5.2	7.1	17.5	9.0	8.5	4.50
2.0	4.0	8.5	9.0	6.5	3.00
4.8	6.0	13.5	8.5	7.0	3.00
4.9	10.1	13.3	8.5	7.0	4.00
4.9	6.5	11.3	8.0	7.5	4.25
5.1	8.4	15.7	8.0	6.0	4.00
2.4	4.8	9.7	7.0	5.0	3.25
2.1	4.4	7.8	6.5	5.0	3.00

Volume (m³/árv), DNB (cm), DAP (cm) e Altura (m) das árvores de **Nim**

Arquivo: NIMVOL.PRN
Colunas (Volume, DNB, DAP e Altura)

0.046482	17.0	13.0	6.50
0.048652	16.5	13.0	6.75
0.041517	14.0	12.0	5.75
0.036058	14.0	10.5	5.25
0.044071	13.5	12.5	5.00
0.038007	13.5	11.0	7.25
0.040867	13.5	10.0	6.75
0.033749	12.5	9.5	4.25
0.037422	12.0	10.0	4.50
0.023753	12.0	7.0	4.00
0.016482	11.0	9.5	4.00
0.022578	11.0	8.0	4.25
0.011942	10.5	8.0	5.25
0.015426	10.0	8.0	5.00
0.020351	9.0	8.5	4.50
0.010961	9.0	6.5	3.00
0.012704	8.5	7.0	3.00
0.015023	8.5	7.0	4.00
0.013039	8.0	7.5	4.25
0.014238	8.0	6.0	4.00
0.011032	7.0	5.0	3.25
0.009847	6.5	5.0	3.00