



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL**  
**CAMPUS DE PATOS - PB**



**MAYARA DE MEDEIROS ASSIS**

**CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA E VARIAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA  
BÁSICA EM POVOAMENTOS DE *Azadirachta indica* A. Juss, NO MUNICÍPIO DE  
SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS - PB**

Patos – Paraíba - Brasil

2012

**MAYARA DE MEDEIROS ASSIS**

**CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA E VARIAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA  
BÁSICA EM POVOAMENTOS DE *Azadirachta indica* A. Juss, NO MUNICÍPIO DE  
SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS - PB**

Monografia apresentada à Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal – UFCG, *Campus* de Patos – PB, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Florestal.

**Orientador:** Prof. Dr. Leandro Calegari

Patos – Paraíba - Brasil

2012

FICHA CATALOGADA NA BIBLIOTECA SETORIAL DO CSTR /  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CAMPUS DE PATOS - PB

A848 c

2012

Assis, Mayara de Medeiros

Caracterização dendrométrica e variação da massa específica básica em povoamentos de *Azadirachta indica* A. Juss, no município de São José de Espinharas - PB, Mayara de Medeiros Assis. - Patos - PB: UFCG/UAEF, 2012.

39p.: il. Color.

Inclui Bibliografia.

Orientador (a): Leandro Calegari

(Graduação em Engenharia florestal). Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande.

1-. Tecnologia de produtos florestais. 2- Massa específica básica. 3- Povoamento florestal. 4- Caracterização dendrométrica.

I - Título

CDU: 630\*8

**MAYARA DE MEDEIROS ASSIS**

**CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA E VARIAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA  
BÁSICA EM POVOAMENTOS DE *Azadirachta indica* A. Juss, NO MUNICÍPIO DE  
SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS - PB**

Monografia aprovada em 19 de outubro de 2012, como parte das exigências para a obtenção do Grau de Engenharia Florestal pela Comissão Examinadora composta por:

Prof. Dr. LEANDRO CALEGARI (UAEF/UFCG)

Orientador

Prof. Dr. LÚCIO VALÉRIO COUTINHO DE ARAÚJO (UAEF/UFCG)

1º Examinador

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. JOEDLA RODRIGUES DE LIMA (UAEF/UFCG)

2º Examinadora

## **Ofereço**

Aos meus pais

**M<sup>a</sup> Gilvanete e José Celestino**

Ao meu irmão

**Daniel**

À minha família

In memória aos pais dos meus pais.

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**, em primeiro lugar por tudo, a graça da vida, a bênção diária, o discernimento...  
Enfim por estar ao meu lado sempre.

À **mãe e pai** por serem os melhores no universo, juntamente com meu **irmão**.

Às **tias** e aos **tios** – em especial **tia Bibi**, que me acolheu na casa dela e cuidou muito bem de mim nos últimos três anos, à **tia Luzia**, que no início, fiquei com ela. **Tia Suzana**, por toda amizade e cuidado – as 3 de vó Catarina, as 6 e os 3 de Dalva, as 3 e os 3 de vô Abdias, as 4 de vó Firma. In memória Fátima e Gildete. E aos tios(a)s dos meus pais. E Itan.

Minhas **primas** – em particular **Shirley** e **Sheyla** todas terem me suportado na angústia e na felicidade – a todas. E aos meus **primos**.

Ao meu orientador o Prof. Dr. Leandro **Calegari** por orientar, confiar em mim, bem como a amizade da esposa dele **Carina**.

A todos os **professores** da UAEF, pela dedicação e empenho – Medeiros o “difícil” com a repetição torna normal; Lúcio incentivo e amizade; Gilvan amizade; Joedla calma transmitida, Alana felicidade em pessoa – enfim, a todos. Cada um com seu jeito de ensinar.

A todos os meus amigos, ...Fernanda... ...Raelma... ...Marcelo... Rafael, Catarina namorada do meu irmão, Emerson, Eduardo, os que não foram citados não esqueci, só para fazer charme deixei entre linhas.

A todos que conheci na UFCG, a turma 2007.1 e 2007.2, aos meus colegas de curso – **Rosivânia, Rafaela, Lázaro, Lyanne, Kydy, Maria, Tibério, Cheila, Renata, Marlus, Talita, Rubens... Bruna**(mãe baiana) e **Chicão**(pai norte-rio-grandense). A **Marcos Swêud's, Wállison Ramon, Yara** (esposa de Lázaro), ao pessoal do estágio de Areia – PB e no Crato – CE. A **Selismar** por todo apoio.

À dona **Lena e Francisco**, aos funcionários da UFCG-CSRT.

À Coordenação do curso de Engenharia Florestal, que sempre ajudou – a Ednalva e Ivânice.

Aos professores membros da banca examinadora pela a participação e valiosa contribuição para esse trabalho.

Meu muito obrigada a todos!

ASSIS, Mayara de Medeiros. **Caracterização dendrométrica e variação da massa específica básica em povoamentos de *Azadirachta indica* A. Juss, no município de São José de Espinharas – PB, 2012.** Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos - PB, 2012.

## RESUMO

O Nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) originário do continente asiático e, introduzido no Brasil em 1986, apresenta vasta potencialidade, sendo utilizadas suas folhas, frutos, sementes e madeira. O presente estudo tem como objetivo caracterizar um povoamento dessa espécie florestal localizado no município de São José de Espinharas – PB quanto ao seu caráter dendrométrico e a variabilidade da madeira, tendo como fundamento o crescimento e análise da massa específica básica respectivamente. O levantamento dendrométrico incluiu as seguintes medidas diretas: circunferência a nível do solo (0,30 m) e a altura do peito (1,30 m); altura do fuste comercial; altura total e diâmetro da copa. Essa etapa foi realizada em dois povoamentos, um de 16 anos (povoamento I) e outro de 14 anos (povoamento II). Posteriormente selecionaram-se dez árvores médias no povoamento I, de forma sistemática, as quais foram abatidas para obtenção de discos em diferentes alturas do tronco (porção basal, média e superior) e, a partir deles, foram confeccionados corpos de prova para a determinação da variação da massa específica. As medidas indiretas relacionadas aos dados dendrométricos (área basal, volume cilíndrico com base na altura do fuste e na altura total, volume real com base na altura no fuste e na altura total, volume empilhado com base na altura do fuste e na altura total) foram comparados pelos seus valores médios. A massa específica foi, inicialmente, avaliada por meio de análise multifatorial, verificando-se as variações entre árvores, posição axial e posição radial. Em seguida, calculou-se o número de árvores necessárias para a amostragem dessa propriedade, considerando diferentes níveis e intervalos de confiança da média. As medidas diretas, quando comparada a levantamento realizado há três anos, para o povoamento I apresentou em crescimento à altura total e do fuste comercial, o diâmetro na base; e o diâmetro da copa foi inferior. Para o povoamento II aumentou altura total, o diâmetro na base; já o inverso ocorreu com a altura do fuste comercial e o diâmetro de copa. Neste trabalho o povoamento II superou todas as medidas indiretas quando comparado ao povoamento I. A massa específica básica média apresentou diferença significativa entre árvores e nos sentidos: axial e radial. Sendo entre as árvores a maior variação. A massa específica básica média para a espécie apresentou-se em  $0,60 \text{ g/cm}^3$ . A variação desta propriedade apresentou-se maior entre as árvores do que dentro do tronco, sugerindo que a amostragem deve dar prioridade ao maior número de árvores. Sete indivíduos seriam suficientes para contemplar o nível de confiança de 95% e a um intervalo de confiança da média de  $\pm 5\%$ .

**Palavras-Chave:** Massa específica básica. Caracterização dendrométricas. Povoamento florestal.

ASSIS, Mayara de Medeiros. **DENDOMETRIC CHARACTERIZATION AND VARIATION OF THE BASIC SPECIFIC MASS IN *Azadirachta indica* A. Juss PLANTATIONS IN THE CITY OF SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS - PB**, 2012. 39 sheets. (Monography) Graduation in Forest Engineering – Federal University of Campina Grande, Rural Health and Technology Center, Patos – PB, 2012.

### ABSTRACT

The Indian Neem (*Azadirachta indica* A. Juss), originating from Asia and introduced in Brazil in 1986, has great potential, where its leaves, fruits, seeds and wood can be used. The objective of this study is to characterize dendrometrically a population of this species located in São José de Espinharas - PB as to its character and variability of wood, taking as a basis the growth and analysis of specific gravity, respectively. The survey included the following dendrometric direct measurements: circumference at ground level (0.30 m) and chest height (1.30 m), height of the commercial bole, total height and diameter. This step was performed in two populations (14 and 16 years old). Later we selected ten average trees from population I, which were cut to obtain discs in different positions of the trunk (basal, middle and upper), and from them we prepared specimens to determine the variation of specific mass. Indirect measures related to dendrometric data (basal area; cylindrical volume based on the bole and total height; actual volume based on height and stem in total height; stacked volume based on height and stem height in total) were compared by their mean values. The specific mass was initially assessed by multifactorial analysis, verifying the variations between trees, axial position and radial position. Then we calculated the number of trees needed for the sampling of this property considering different levels and confidence interval of the mean. Direct measurements, when compared to three years ago, for population I had a smaller growth in the total height of the commercial bole, the diameter at the base, and crown diameter. In population II, the total height and diameter at the base increased, whereas the opposite happened with the height of the commercial bole and crown diameter. In this work the population II surpassed all indirect measurements when compared to population I. The basic density average showed a significant difference between trees and the axial and radial directions. Where the largest variation were between trees. The specific gravity average for species showed up at 0.60 g/cm<sup>3</sup>. A variation of this property appeared greater than that between trees inside the trunk, suggesting that sampling must give greater priority to the number of trees. Seven individuals were sufficient to contemplate the confidence level of 95% and a confidence interval of  $\pm 5\%$ .

**Keywords:** Basic specific mass. Dendrometric characterization. Afforestation.

## Lista de figura

Figura 1 – Povoamento de nim indiano, município de São José de Espinharas – PB.....	19
Figura 2 – Corte a nível do solo.....	21
Figura 3 - Discos submersos em água.....	22
Figura 4 – Seccionamento dos discos e corpos de prova ao longo do tronco. ....	22
Figura 5 – Identificação dos discos e corpos de prova. ....	22
Figura 6 – Madeira sendo seccionada com auxílio de uma serra elétrica. ....	23
Figura 7 – Determinando o volume por empuxo.....	24
Figura 8 – Valores encontrados para as medidas diretas em 2012 nos dois povoamentos. ....	26
Figura 9 – Diferença entre alturas para cada povoamento. ....	27
Figura 10 - Valores encontrados para as medidas indiretas em 2012 nos dois povoamentos..	28
Figura 11 – Diferença do primeiro levantamento para o atual. ....	28
Figura 12 – Intervalos de confiança da média (95%) da massa específica básica para dez indivíduos arbóreos de nim indiano, São José de Espinharas - PB. ....	29
Figura 13 - Intervalos de confiança da média (95%) da massa específica básica em função da posição axial para dez indivíduos arbóreos de nim indiano, São José de Espinharas - PB. ....	31
Figura 14 – Intervalos de confiança da média (95%) da massa específica básica em função da posição radial para dez indivíduos arbóreos de nim indiano, São José de Espinharas - PB....	32
Figura 15 - Influência da posição axial e radial sobre a massa específica básica (MEb) em árvores de nim indiano, São José de Espinharas - PB. ....	33
Figura 16 – Número de árvores necessárias para a estimativa da massa específica básica, considerando diferentes níveis de confiança e intervalos de confiança da média. ....	34

## Lista de tabela

Tabela 1 – Valores médios encontrados para as medidas diretas dos dois povoamentos.....	26
Tabela 2 - Valores encontrados para as medidas indiretas nos dois povoamentos. ....	27
Tabela 3 – Teste de médias à massa específica básica de um povoamento de nim indiano em função das árvores.....	29
Tabela 4 – Teste de médias à massa específica básica de um povoamento de nim indiano em função da posição axial. ....	30
Tabela 5 – Teste de médias à massa específica básica de um povoamento de nim indiano em função da posição radial para corpos de prova identificados a partir da medula. ....	31
Tabela 6 – Correlação de Pearson para as variáveis obtidas a partir de dez árvores de nim indiano, São José de Espinharas - PB. ....	33

## Sumário

1 INTRODUÇÃO .....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	13
2.1 Características do nim indiano .....	13
2.2 O nim indiano no Brasil .....	13
2.3 Características dendrométricas .....	14
2.3.1 Medidas diretas e indiretas .....	14
2.3.2 Incremento .....	14
2.4 Teor de Umidade.....	15
2.5 Massa Específica Básica.....	16
2.6 Variação da Massa Específica .....	16
2.7 Amostragem.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Localização da área de estudo .....	18
3.2 Caracterização dos povoamentos florestais .....	18
3.3 Dados dendrométricos.....	19
3.4 Seleção das árvores para determinação de massa específica básica .....	21
3.5 Abate das árvores, seccionamento dos troncos e preparação dos corpos de prova .....	21
3.6 Determinação do teor de umidade dos corpos de prova.....	23
3.7 Determinação da Massa Específica Básica dos corpos de prova.....	23
3.8 Avaliação da amostragem.....	24
3.9 Análise dos dados.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	26
4.1 Valores dendrométricos.....	26
4.2 Massa específica básica da madeira do nim .....	29
4.2.1 Massa específica básica do nim para árvores .....	29
4.2.2 Massa específica básica do nim para posição axial .....	30
4.2.3 Massa específica básica do nim para posição radial .....	31
4.3 Influência da variação de massa específica básica do sentido axial e radial .....	32
4.4 Caracterização da amostragem .....	34
5 CONCLUSÕES .....	36
REFERÊNCIAS .....	37

## 1 INTRODUÇÃO

Povoamento ou floresta plantada é a introdução de uma cultura florestal seja com uma única espécie (puro), seja com mais espécies (misto), sendo a finalidade da implantação muito ampla, dependendo do indivíduo que será explorado e como acontecerá o mesmo. Monoculturas vêm sendo introduzidas para atender às necessidades madeireiras já que a demanda é alta e as florestas nativas não oferecem condições de regeneração em ciclos de corte tão curtos que as florestas plantadas dispõem em nível de indústrias (grande escala).

As árvores, por se tratar de um material biológico, refletem as condições no meio no qual estão inseridas. A madeira não é diferente apresenta anisotropia (diferentes propriedades nas direções axial, radial e tangencial), hidroscofia (absorve e libera água para o meio) e as propriedades físicas, também, apresentam alterações entre diferentes espécies, numa mesma espécie e num único indivíduo arbóreo.

A madeira é um material renovável, presente no dia a dia na vida da humanidade de muitas formas, podendo ser citada à “bruta” sem ou com pouco tratamento, pontes, postes, móveis, construção civil, estacas, mourões, fonte de energia, pequenas embarcações e a “industrializada”, que passa por algum processo industrial (papel, celulose, OSB – oriented strand board, MDF – medium density fiberboard, compensados, aglomerados). Por outro lado, é importante ressaltar que o conhecimento teórico e prático das florestas quanto ao ciclo de regeneração é primordial para iniciar a utilização deste recurso natural de forma sustentável.

Devido à intensa utilização da madeira e de sua importância, é necessário estudar alternativas para atender à demanda madeireira. Ao implantar uma espécie exótica é imprescindível ter o conhecimento técnico com relação às condições edafoclimáticas do local de origem, dos tratamentos silviculturais necessários, do acompanhamento da mesma, pois se trata de um material susceptível às variações bióticas e abióticas que pode sofrer no local introduzido, além do controle deste povoamento a fim de evitar que a mesma torne-se uma invasora.

O nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) é originário do continente asiático apresenta vasta potencialidade em seu território. Dessa espécie, utilizam-se as folhas, os frutos, as sementes e a madeira. No Brasil, a sua introdução ocorreu por meio das implantações, há aproximadamente vinte e seis anos, com uma admirável adaptação às condições edafoclimáticas e aceitação pelos diversos setores, em relação, principalmente, ao seu poder inseticida, defensivo agrícola e farmacológico (medicina humana e animal), além

da função de quebra vento, cerca viva, arborização, tornando-se secundária sua função madeireira.

Em um povoamento de nim indiano com dezesseis anos, localizado no semiárido paraibano, estou analisando as características dendrométricas e uma propriedade física (massa específica básica) da madeira, devido à carência de pesquisas voltadas para ambos os casos. Essas informações são importantes para a introdução da madeira no mercado.

O nim indiano apresenta uma boa adaptação ao semiárido nordestino. Destacando-se como alternativa para suprir a demanda de madeira do setor madeireiro. Utilizado em áreas já desmatadas, minimizando, assim, a pressão sobre áreas nativas da Caatinga.

O presente estudo tem como objetivo caracterizar dois povoamentos de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) localizados no município de São José de Espinharas – PB quanto ao seu caráter dendrométrico, assim como caracterizar a variabilidade da madeira baseando-se na massa específica básica de um desses povoamentos, a fim de calcular o número de árvores necessárias para sua amostragem.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Características do nim indiano

Taxonomicamente, o nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) é classificado como “pertencente à ordem Rutales, subordem Rutineae, família Meliaceae, subfamília Melioideae, tribo Melieae” (MARTINEZ, 2002, p.13). Pertence à mesma família do cinamomo (*Melia azedarach* L.), do cedro (*Cedrela fissilis* Vell), do mogno (*Swietenia macrophylla* King) e da andiroba (*Carapa guianensis* Aub.).

O nim indiano é uma árvore com altura média de 15 a 20m. Seu caule apresenta casca um pouco espessa, pardo-acinzentada e saliente, estreitamente fissurada transversal e longitudinalmente. Copa fechada que proporciona uma boa sombra, tendendo a arredondada. As folhas são compostas pinadas, alternas, organizadas espiraladamente na região terminal dos ramos, contendo 6 a 8 pares de folíolos opostos com um folíolo terminal, membranáceos, verde-escuros, brilhantes. Inflorescências em panículas axilares mais curtas que as folhas. As flores são da cor branco-creme, pequenas e perfumadas, e os frutos do tipo drupas elipsóides, lisas, amareladas com polpa carnosa (LORENZI et al., 2003).

A madeira do nim indiano apresenta as seguintes características: [...] “cor marrom-avermelhada, durável, repelente a insetos, apropriada para construção, caixas e outros fins” (LORENZI et al., 2003, p. 233).

O lenho do nim indiano, por não ser atraente aos organismos xilófagos, possibilita uma maior amplitude de empregabilidade, tais como na fabricação de móveis, construção civil, estaca, mourões, cabos para ferramentas e artesanato (BITTENCOURT, 2006).

### 2.2 O nim indiano no Brasil

A introdução do nim indiano começou na região sul do Brasil, sendo “inicialmente por meio de sementes originárias das Filipinas pelo Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, no ano de 1986 com o objetivo de pesquisar a ação inseticida desta planta” (BITTENCOURT, 2006, p. 1). Deu-se início, então, um processo de divulgação, no qual foram difundidas as informações sobre a planta e suas diversas finalidades.

Nove anos depois (1995) ocorreu a disseminação pelos demais Estados, com povoamentos em São Paulo, Goiás, Mato Grosso, Tocantins e Pará (NEVES; CARPANEZZI, 2006). Exatamente dez anos após o primeiro povoamento no país, implantou-se o primeiro

povoamento de nim indiano no município de São José de Espinharas – PB, na fazenda laranjeiras, introduzido pelo engenheiro florestal e proprietário da terra. Observa-se, com isso, grande aceitação da espécie em solo brasileiro, apresentando povoamentos desde a região Sul ao interior do Nordeste, incluindo as regiões Norte, Sudeste e Centro-oeste do país.

Segundo Carpanezzi et al., (2010) o nim indiano, para fins madeireiros, deve ser cultivado no bioma Caatinga uma vez que este apresenta melhores condições climáticas de adaptação para esta finalidade. Na região norte no estado do Paraná, o grande forte é a produção de folhas, enquanto na parte noroeste para o cultivo de frutos.

## **2.3 Características dendrométricas**

### **2.3.1 Medidas diretas e indiretas**

As medidas diretas são referentes às mensurações sobre o vegetal, ou seja, manuseando diretamente, exemplifica-se com o Diâmetro ou Circunferência a Altura do Peito (DAP ou CAP), Diâmetro ou Circunferência Na Base (DNB ou CNB), espessura da casca, comprimento da tora, alturas comercial e total.

Medidas indiretas, por sua vez, fazem referência às avaliações que estão fora do alcance direto do homem, sendo comum empregar métodos óticos para obtenção dessas medidas, exemplificando com a altura de árvore em pé sendo a partir da base no solo até o último galho a ponta dele, que é a altura total (HT) e área basal (G).

A forma de medição indireta por estimativa é baseada em modelos estatísticos. Esta necessita ser bem planejada e executada e estar dentro de um determinado nível de probabilidade (SILVA; NETO, 1979).

### **2.3.2 Incremento**

As árvores crescem por causa das atividades meristemáticas que resultam no aumento da altura desde a raiz até a copa, posteriormente, estabiliza e tende a decrescer. Existe uma tendência das espécies em estabilizar o incremento em diâmetro em relação ao DAP, ou seja, o incremento é maior até um determinado estágio, podendo acontecer decréscimo após o período estável (CHASSOT, 2009).

A idade da árvore é um parâmetro de grande valor, por permitir estimar algumas das medidas indiretas tais como: “Uma das mais importantes características de um povoamento

florestal é sem dúvida alguma, a idade, pois, é por meio dela que o técnico florestal pode avaliar o incremento em termos de volume, diâmetro ou altura de uma dada espécie em um determinado local” (SILVA; NETO, 1979, pag. 6).

O crescimento é obtido por meio de monitoramento de uma floresta, enfocando o tempo necessário para que a planta atinja o seu tamanho mínimo de colheita, ou seja, a partir dele, define-se o ciclo de corte e a quantidade do produto a ser produzido (SILVA, 2001).

A utilização de madeira proveniente de árvores de reflorestamento, nos últimos anos, tem observado um considerado aumento da utilização da madeira de espécies exóticas que dispõem de um ciclo de corte curto e de alta produtividade, especialmente, as dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, pela indústria moveleira no Brasil. A massa específica básica junto com a variação dimensional da madeira são parâmetros para o uso desta no setor moveleiro (LOPES et al., 2011).

## 2.4 Teor de Umidade

O teor de umidade da madeira varia de acordo com as condições do meio em que está inserida. Sendo que a madeira pode “alterar seu volume pela absorção ou perda de água, é necessária expressar a massa específica a um teor especificado de umidade e volume correspondentes. Sendo assim, as condições usuais são a massa mínima e o volume máximo” (ABNT, 2003, p. 1).

O teor de umidade da madeira apresenta influência direta nas propriedades físico-mecânicas, refletindo nos tratamentos contra o ataque de insetos xilófagos, nas colagens, fabricação de compensados, aglomerados e processamentos mecânicos (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985).

A partir do teor de umidade máximo ou saturado é possível determinar a massa específica básica, sem a necessidade de determinar o volume da amostra. Porém, esse método tem a restrição quanto ao tamanho da peça, não é recomendado para corpos de prova de volume superior a três centímetros cúbicos, devido à dificuldade de conseguir a saturação completa da peça. Sendo assim, limita esse método a dimensão das amostras, com o seguinte procedimento já determinado o corpo de prova é por meio do dessecamento da amostra e manter submerso em água destilada, aplica-se vácuo no intervalo de 5 a 10 dias com pesagens sucessivas até não haver diferença significativa entre as pesagens, pesa-se ao ar e depois coloca em estufa e obtém-se o peso seco (VITAL, 1984).

## 2.5 Massa Específica Básica

A massa específica básica conceitua-se como a massa específica convencional obtida pela razão entre a massa da madeira completamente seca (anidra) e seu volume máximo ou saturado (ABNT, 1997).

A massa específica é a propriedade física que representa as características do vegetal. “É considerada a sua propriedade física mais importante, relacionando-se com outras propriedades e seus usos: madeira de maior massa específica básica corresponde, geralmente, a uma maior resistência mecânica e alto valor energético” (CHIMELO, 1980 apud SILVA, 2006, p. 24). Serve, ainda, de parâmetro para definir a qualidade na madeira, pois ela vai diagnosticar a quantidade de material lenhoso existente em um determinado volume (MATTOS et al., 2011). Além disso, a massa específica da madeira “é um fator importante para a indústria de celulose e papel pela sua relação com as propriedades dos produtos finais” (FLORES, 1999, p. 11).

## 2.6 Variação da Massa Específica

A variação da massa específica básica da madeira pode ser proveniente da espécie florestal, da umidade da peça, como também em função do lenho juvenil e adulto, largura dos anéis de crescimento, ou da sua localização dentro da árvore no caso do sentido radial e longitudinal (MATTOS et al., 2011).

Cada espécie apresenta mudanças de acordo com as condições locais e de tratamentos silviculturais “[...] as variações entre árvores são tão grandes que geralmente podem mascarar causas de variabilidade como influência ambiental e diferenças genéticas” (MCKIMMY 1959 apud BENJAMIN, 2002, p. 11).

## 2.7 Amostragem

Quando se trata de estudos das propriedades físico-mecânicas da madeira é impossível considerar todas as amostras possíveis de serem obtidas de uma população, ou seja, é necessário encontrar um número representativo para a mesma (LISBOA; MELO; MATOS, 1993).

Para uma verdadeira representatividade da amostragem, a quantidade de árvores a serem amostradas dependerá de alguns critérios, entre eles, a característica avaliada, o número

de repetições, do nível de significância e com a precisão ou erro que se deseja trabalhar (FLORES et al., 1999).

Quando a amostragem é realizada ao acaso e a variabilidade dos valores da propriedade ser, aproximadamente, representada por uma distribuição normal, o tamanho da amostragem pode ser estabelecido pelo cálculo do intervalo de confiança. De acordo com Lisboa, Melo e Matos (1993) “A amostragem ao acaso garante um mínimo de erro na estimativa de parâmetros de uma determinada população e atende aos objetivos de estudar adequadamente as propriedades físico-mecânicas”.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização da área de estudo

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Laranjeiras, município de São José de Espinharas – PB, a qual se encontra a 330 km da capital do Estado (João Pessoa).

O município encontra-se na região oeste do Estado da Paraíba, pertence à mesorregião do sertão e microrregião de Patos, sua área é de aproximadamente de 732,80km<sup>2</sup>, a sede municipal localiza-se a uma altitude de 210 metros. Limita-se com três cidades norte-rio-grandenses, e cinco paraibanas, sendo ao norte com Paulista (PB) e Serra Negra do Norte (RN), ao leste com São João do Sabugí (RN), Ipueira (RN) e São Mamede (PB), ao sul com Patos (PB), e, ao oeste, com Malta (PB) e Vista Serrana (PB) (MASCARENHAS et al., 2005).

Segundo Mascarenhas et al., (2005), a cidade de São José de Espinharas pertence ao Polígono das Secas, possui:

- ✓ Pluviometria média anual é de 884.7mm (período 1962-1985).
- ✓ Clima Aw'-Quente e úmido com chuvas de verão e outono.
- ✓ Vegetação pertence ao bioma Caatinga.
- ✓ Temperatura média anual em torno de 28°C.
- ✓ Topografia prepondera relevo é ondulado a suavemente ondulado com declividade média à baixa, com exceção da porção sudeste e extremo sul, de relevo ondulado a fortemente ondulado nas serras de Carnaúba e Olho d'agua onde ocorrem cotas de 580m, e, nas serras do Tronco, Resende, Bonita e outras com cotas que chegam a 600m nas serra.
- ✓ Hidrografia está inserida nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Piranhas, sub-bacia do Rio Espinharas. Riachos: Sombrio, Aguilhada, Pitombeira, Cachoeira, Melancias, dos Louros e Jatobá, entre outros. Os principais açudes: Novo, Sombrio, Flores e Maria Paz.

O solo de acordo com Brasil 1972 apud Benvinda (2005, p. 28), “no município predomina a associação de luvisolos fase pedregosa e neossolos litólicos eutróficos com horizonte “A” fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochosa...”.

#### 3.2 Caracterização dos povoamentos florestais

No ano de 1996, implantou-se o primeiro povoamento (doravante denominado Povoamento I), proveniente de mudas, para recebê-las utilizou covas com o espaçamento de

5m x 5m, que foram preparadas com esterco bovino, ocupando uma área de 2100m<sup>2</sup>, atualmente, com 81 indivíduos vivos. Durante alguns anos foram realizadas regas, podas e capinas, até o estabelecimento das mudas com as condições adversas, adaptação.

Em 1998 foi introduzido o segundo povoamento (doravante denominado Povoamento II), proveniente de mudas também houve o cuidado até o estabelecimento das mesmas, implantado com espaçamento de 4m x 4m e numa área de 1600m<sup>2</sup>, atualmente, com 97 indivíduos vivos que se apresentam a seguir na figura 1.

**Figura 1** – Povoamento de nim indiano, município de São José de Espinharas – PB.



Fonte — Assis (2012)

### 3.3 Dados dendrométricos

Foram realizados levantamentos dendrométricos com o intuito de conhecer as medidas diretas: Circunferência com 0,30 m Na Base ou a nível do solo (CNB); Altura do Fuste comercial (HF); Altura Total (HT) e Diâmetro da Copa (DC). Foi utilizada fita métrica, para obtenção das circunferências na base e o diâmetro da copa, e uma régua topográfica para determinar as alturas.

A partir das medidas diretas foram calculadas as medidas indiretas empregando as Equações 1 a 10.

$$DNB = \frac{CNB}{\pi} \quad (1)$$

Sendo: DNB = Diâmetro Na Base (cm);

CNB = Circunferência Na Base (cm);

$\pi$  (pi) = considerando de 3,1416;

$$DC = \frac{DC_1 + DC_2}{2} \quad (2)$$

Sendo: DC = Diâmetro médio da Copa (m);

DC<sub>1</sub> = Medida do primeiro Diâmetro da Copa (m);

DC<sub>2</sub> = Medida do segundo Diâmetro da Copa (perpendicular ao primeiro diâmetro),

em (m);

$$g_{dnb} = \frac{(DNB/100)^2}{4} * \pi \quad (3)$$

Sendo:  $g_{dnb}$  = área basal para diâmetro na base (m<sup>2</sup>/ha);

DNB = Diâmetro Na Base (cm);

$\pi$  (pi) = considerando de 3,1416;

$$V_{cilHF} = g_{dnb} * HF \quad (4)$$

Sendo:  $V_{cilHF}$  = volume cilíndrico para altura do fuste (m<sup>3</sup>/ha);

$g_{dnb}$  = área basal para diâmetro na base (m<sup>2</sup>/ha);

HF = altura do fuste (m);

$$V_{cilHT} = g_{dnb} * HT \quad (5)$$

Sendo:  $V_{cilHT}$  = volume cilíndrico para altura total (m<sup>3</sup>/ha);

$g_{dnb}$  = área basal para diâmetro na base (m<sup>2</sup>/ha);

HT = altura total (m);

$$V_{rHF} = V_{cilHF} * 0,9 \quad (6)$$

Sendo:  $V_{rHF}$  = volume real para altura do fuste (m<sup>3</sup>/ha);

$V_{cilHF}$  = volume cilíndrico para altura do fuste (m<sup>3</sup>/ha);

0,9 = valor utilizado como fator de forma (utilizado pela rede de manejo da caatinga);

$$V_{rHT} = V_{cilHT} * 0,9 \quad (7)$$

Sendo:  $V_{rHT}$  = volume real para altura total (m<sup>3</sup>/ha);

$V_{cilHT}$  = volume cilíndrico para altura total (m<sup>3</sup>/ha);

0,9 = valor utilizado como fator de forma (utilizado pela rede de manejo da caatinga);

$$V_{empHF} = V_{rHF} * 2,4 \quad (8)$$

Sendo:  $V_{empHF}$  = Volume empilhado para altura do fuste (st/ha);

$V_{rHF}$  = volume real para altura do fuste (m<sup>3</sup>/ha);

2,4 = valor utilizado para o fator de empilhamento (menor que o utilizado pela rede de manejo da caatinga, por apresentar menor tortuosidade);

$$V_{empHT} = V_{rHT} * 2,4 \quad (9)$$

Sendo:  $V_{empHT}$  = volume empilhado para altura total (st/ha);

$V_{rHT}$  = volume real para altura total (m<sup>3</sup>/ha);

2,4 = valor utilizado para o fator de empilhamento (menor que o utilizado pela rede de manejo da caatinga, por apresentar menor tortuosidade);

$$DifH = 100 - \left( \frac{(HT - HF) * 100}{HT} \right) \quad (10)$$

Sendo: DifH = Diferença entre alturas (%);

HT = altura total (m);

HF = altura do fuste (m).

### 3.4 Seleção das árvores para determinação de massa específica básica

No povoamento I, foram selecionadas dez árvores médias, de forma sistemática, sendo estas consideradas as que apresentavam diâmetro à altura do peito (1,30m) dentro do intervalo correspondente à média mais ou menos um desvio padrão. O critério para a inclusão da seleção foi visual, correspondendo às árvores de boa forma florestal (tronco reto ou levemente tortuoso, ausência de nó ou galho, livre do ataque de fungos e insetos, etc.) e, igualmente, distribuídas pela área a fim de contemplar toda variabilidade ambiental.

### 3.5 Abate das árvores, seccionamento dos troncos e preparação dos corpos de prova

As dez árvores selecionadas para determinação de massa específica básica foram cortadas, pois foi utilizado o método destrutivo, no qual é necessário abater o indivíduo para obtenção de discos, que a partir deles foram confeccionados os corpos de prova. As árvores foram cortadas a nível do solo (Figura 2) com uma motosserra na marca Toyama.

**Figura 2** – Corte a nível do solo.



Fonte — Assis (2012)

Ao longo do tronco, foram obtidos três discos com, aproximadamente, 2 cm de espessura cada para avaliação da massa específica básica. Os discos foram identificados, descascados e submersos em água, ainda no campo, para evitar a perda de umidade (Figura 3), sendo conduzidos nestas condições ao Laboratório, dentro de baldes com água e tampados.

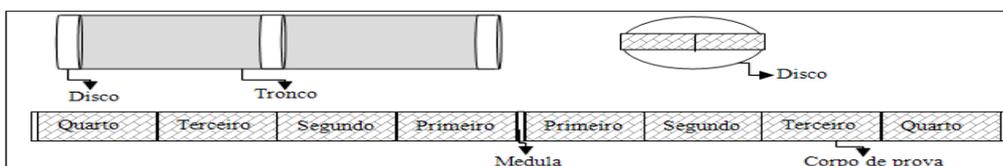
**Figura 3** - Discos submersos em água.



Fonte — Assis (2012)

No Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais, Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR), Campus de Patos, da Universidade Federal de Campina Grande, cada disco foi marcado com o auxílio de lápis, medido com régua e paquímetro analógico. Os discos foram marcados a partir da medula, a cada 2 cm. Posteriormente, foram identificando os corpos de prova (CP) opostos, a partir da medula, em sequência até a parte externa (casca), tal como: 1D (primeiro CP à direita da medula); 2D (segundo CP à direita da medula); 1E (primeiro CP à esquerda da medula), 2E (segundo CP à esquerda da medula), e assim, sucessivamente, (Figuras 4 e 5).

**Figura 4** – Seccionamento dos discos e corpos de prova ao longo do tronco.



Fonte — Assis (2012)

**Figura 5** – Identificação dos discos e corpos de prova.



Fonte — Assis (2012)

O seccionamento dos discos para confecção dos corpos de prova foi realizado na marcenaria do CSTR, utilizando-se uma serra elétrica (Figura 6).

**Figura 6** – Madeira sendo seccionada com auxílio de uma serra elétrica.



Fonte — Assis (2012)

### 3.6 Determinação do teor de umidade dos corpos de prova

Para a determinação do teor de umidade, os corpos de prova foram mantidos em água até completa saturação e, nessa condição, determinando o teor de umidade (máximo) pela relação entre a massa da água presente da madeira e a massa da madeira anidra, conforme equação 11 (ABNT, 1997).

$$U\% = \frac{m_i - m_s}{m_s} * 100 \quad (11)$$

Sendo: U% = teor de umidade da madeira, em porcentagem;

$m_i$  = massa inicial da madeira, em gramas;

$m_s$  = massa seca da madeira, em gramas.

### 3.7 Determinação da Massa Específica Básica dos corpos de prova

O método utilizado para determinar o volume de madeira foi o de imersão (submersão). É fundamentado no princípio de Arquimedes (empuxo: a perda aparente de peso de um corpo imerso em um líquido é igual ao peso do líquido deslocado).

O líquido empregado foi a água, que por ter massa específica conhecida ( $1\text{g/cm}^3$ ), permite que a leitura efetuada após a imersão da madeira (massa) corresponda diretamente ao volume de água deslocada devido à relação  $1\text{g}/1\text{cm}^3$ . Utilizou-se uma balança para obter o peso, de acordo com a equação 12.

$$A = Vu * \rho_{\text{água}} \quad (12)$$

Sendo:  $A$  = força de sustentação (empuxo) = massa, em gramas;

$V_u$  = volume saturado, em centímetros cúbicos;

$\rho_{\text{água}}$  = massa específica da água =  $1\text{g/cm}^3$ .

**Figura 7** – Determinando o volume por empuxo.



Fonte — Assis (2012)

Os corpos de prova, após a determinação do seu volume saturado, foram submetidos à secagem em estufa para obter a massa seca, por 72 horas em temperatura de  $105 \pm 2^\circ\text{C}$  para atingirem massa constante (constatado quando sucessivas pesagens apresentem alteração menor ou igual a 0,5g).

A partir desses dados, calculou-se a massa específica básica de cada corpo de prova conforme equação 13.

$$\rho_{bas} = \frac{m_s}{V_{sat}} \quad (13)$$

Sendo:  $\rho_{bas}$  = massa específica básica, em  $\text{g/cm}^3$ ;

$m_s$  = massa da madeira completamente seca, em g;

$V_{sat}$  = volume da madeira saturada, em  $\text{cm}^3$ .

### 3.8 Avaliação da amostragem

Calculou-se a média aritmética de todos os corpos de prova obtidos de cada árvore e, a partir dessa, considerou-se cada árvore como sendo uma repetição, contemplando, assim, a preposição da independência dos dados.

O cálculo do número de árvores necessárias (um corpo de prova por árvore) foi realizado segundo Lisboa; Melo; Matos (1993), referente ao cálculo do intervalo de confiança (Equação 14).

$$N = t^2 * S^2 / [(IC/100) * \bar{X}]^2 \quad (14)$$

Sendo: N = número de árvores necessárias;

t = valor da distribuição *t* de student (tabelado em função do nível de confiança e número de graus de liberdade);

IC = intervalo de confiança da média, em %;

GL = número de graus de liberdade, dado por (n-1);

n = número de corpos de prova da amostragem preliminar;

S = desvio padrão estimado para a população;

$\bar{X}$  = valor médio da referida propriedade estimada para a população.

### 3.9 Análise dos dados

As medidas indiretas relacionadas aos dados dendrométricos foram comparados pelos seus valores médios de cada medida.

Considerou-se a massa específica básica como sendo o valor médio obtido dos dois corpos de prova opostos à medula. Essa variável dependente foi, inicialmente, avaliada por meio de análise multifatorial, comparando-se árvores (1 a 10), posição axial (porção basal, média e superior do tronco) e posição radial (primeiro, segundo, terceiro e quarto corpo de provas identificado a partir da medula) como variáveis independentes. As médias foram comparadas por meio do teste LSD (diferença mínima significativa) de Fisher.

Atribuiu a cada árvore como sendo uma repetição. Calculou-se o número de corpos de prova necessários, considerando-se um corpo de prova por árvore, para diferentes níveis de confiança (90; 95 e 99%) e intervalos de confiança da média (5; 10 e 15%).

Num segundo momento, considerou-se a posição axial como sendo uma porcentagem da altura total (0; 50 e 100%) e a posição radial como sendo a distância, a partir de medula (1; 3; 5 e 7 cm) e foram, dessa forma, analisadas como sendo variáveis quantitativas. Dessa maneira, as posições axial e radial, massa específica básica e teor de umidade saturado dos corpos de prova foram avaliados por meio de correlação de Pearson e análise de regressão.

Para todos os casos, considerou-se 5% de probabilidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Valores dendrométricos

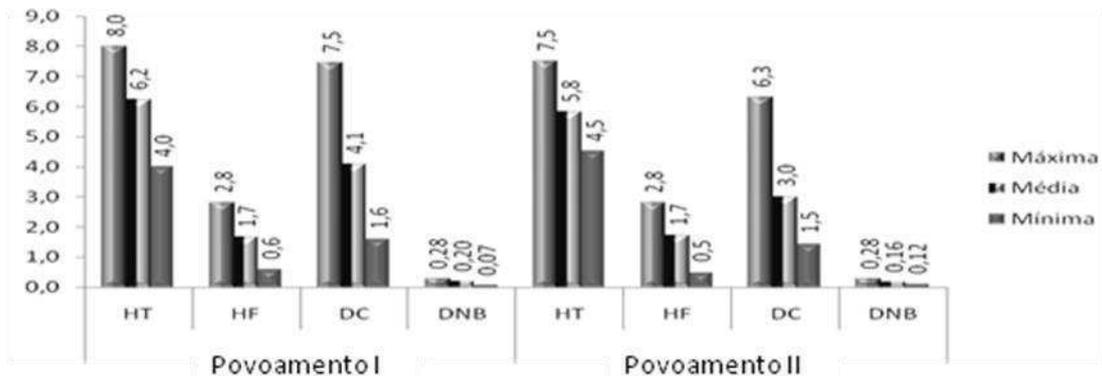
Os valores médios para as medidas diretas dos povoamentos são apresentados na Tabela 1 e Figura 8.

**Tabela 1** – Valores médios encontrados para as medidas diretas dos dois povoamentos.

Ano	2012	2012	2009	2009
Povoamento	I	II	I	II
Altura total (m)	6,20	5,80	6,00	5,80
Diâmetro a 0,30m do nível do solo (m)	0,20	0,16	0,18	0,15
Altura do fuste comercial (m)	1,70	1,70	1,70	2,10
Diâmetro de copa (m)	4,10	3,00	4,60	3,90
Número de indivíduos	81	97	84	99

Fonte — Assis (2012).

**Figura 8** – Valores encontrados para as medidas diretas em 2012 nos dois povoamentos.



Em que: HT = altura total (m); HF = altura do fuste (m); DC = Diâmetro médio da Copa (m) e DNB = Diâmetro na Base (m).

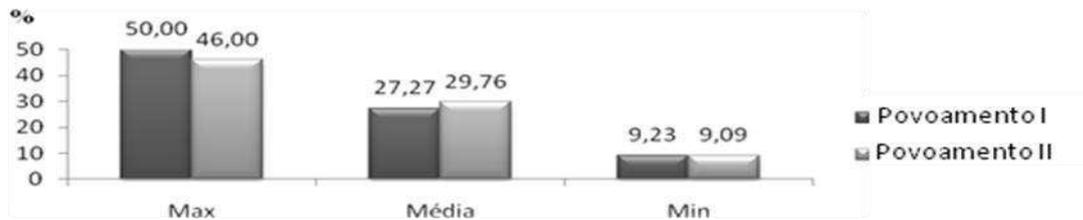
Fonte — Assis (2012)

Comparando com Araújo et al., (2009) que avaliou os mesmos povoamentos (referentes aos dados do ano de 2009), observa-se que em 2012 as medidas diretas do povoamento I foram superiores para altura total e diâmetro na base, a altura do fuste comercial não variou e o diâmetro de copa apresentou-se inferior. É importante considerar que existem três indivíduos a menos em 2012. Para o povoamento II, a altura total foi a mesma em ambos os anos, o diâmetro na base foi superior em 2012, o inverso ocorreu com a altura do fuste comercial e o diâmetro de copa, mesmo com duas árvores a menos que no estudo anterior.

Para o povoamento I, as variações foram de 4,0 a 8,0m para a altura total, de 0,6 a 2,8m para a altura do fuste, de 1,6 a 7,5m para o diâmetro da copa e de 0,07 a 0,28m para o diâmetro na base. Para o povoamento II, houve oscilação de 4,5 a 7,5m para a altura total, de 0,5 a 2,8m para a altura do fuste, de 1,5 a 6,3m para o diâmetro da copa e de 0,12 a 0,28m para o diâmetro na base.

Na Figura 9, podem ser visualizadas as diferenças de alturas que foram encontradas por meio da subtração das alturas total e do fuste e posterior divisão pela altura total, que representam a quantidade de madeira disponível em cada povoamento.

**Figura 9** – Diferença entre alturas para cada povoamento.



Fonte — Assis (2012)

Observar-se que a diferença média do povoamento II superou em 2,49% o povoamento I, podendo ser justificado pelo espaçamento reduzido entre árvores do povoamento II.

Os valores para as medidas indiretas estão disponíveis na Tabela 2 e evidenciados na Figura 10 para os dois povoamentos.

**Tabela 2** - Valores encontrados para as medidas indiretas nos dois povoamentos.

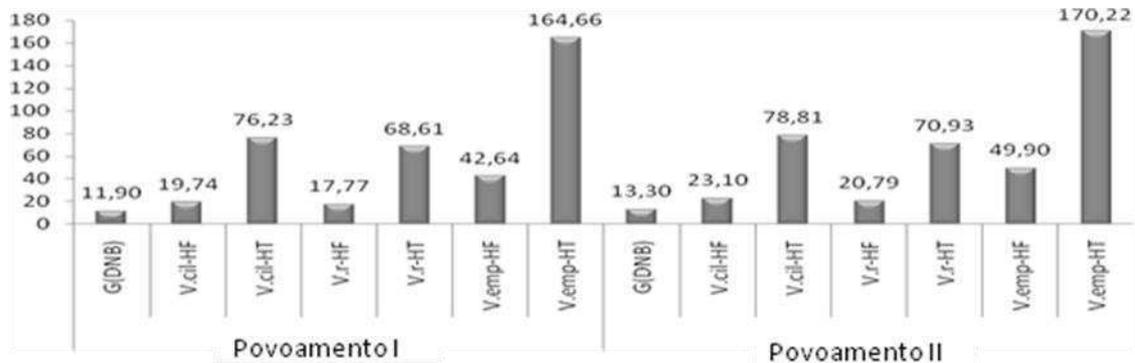
Ano	2012	2012	2009	2009
Povoamento	I	II	I	II
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	11,90	13,30	10,84	11,42
Volume cilíndrico com base na altura do fuste (m <sup>3</sup> /ha)	19,74	23,10	17,93	23,51
Volume cilíndrico com base na altura total (m <sup>3</sup> /ha)	76,23	78,81	66,14	68,13
Volume real com base na altura no fuste (m <sup>3</sup> /ha)	17,77	20,79	16,14	21,16
Volume real com base na altura total (m <sup>3</sup> /ha)	68,61	70,93	59,53	61,31
Volume empilhado com base na altura do fuste (st/ha)	42,64	49,90	38,74	50,78
Volume empilhado com base na altura total (st/ha)	164,66	170,22	142,87	147,16

Fonte — Assis (2012)

Quando o atual estudo (ano 2012) é confrontado com Araújo et al., (2009) para os mesmos povoamentos (referentes aos dados do ano de 2009) é possível afirmar que o povoamento I permanece em crescimento, porque superou todos os valores determinados, e o II só foram inferiores quando utilizou na fórmula a altura do fuste que reduziu.

Na figura 10, estão os valores das medidas indiretas para ambos os povoamentos em 2012.

**Figura 10** - Valores encontrados para as medidas indiretas em 2012 nos dois povoamentos.



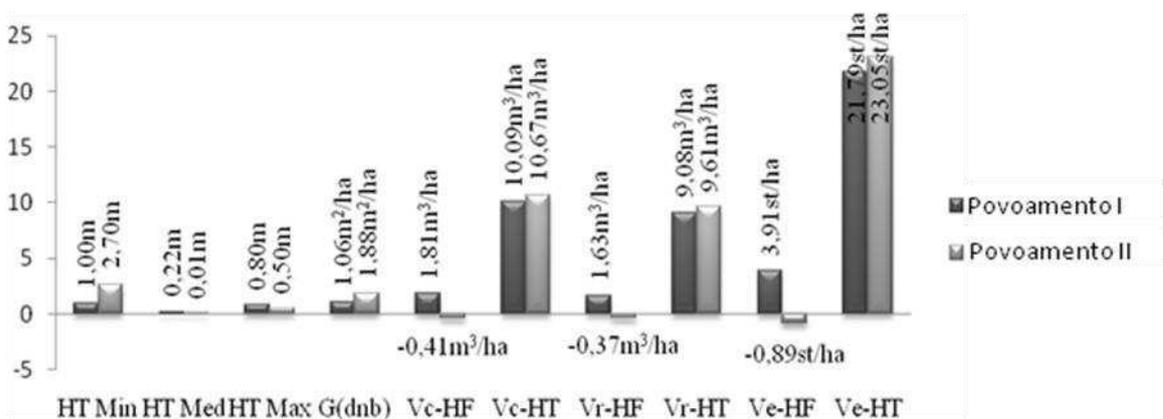
G = Área basal ( $m^2/ha$ ); VC-HF = volume cilíndrico com base na altura do fuste ( $m^3/ha$ ); VC-HT = volume cilíndrico com base na altura total ( $m^3/ha$ ); VR-HF = volume real com base na altura no fuste ( $m^3/ha$ ); VR-HT = volume real com base na altura total ( $m^3/ha$ ); VE-HF = volume empilhado com base na altura do fuste (st/ha) e VE-HT = volume empilhado com base na altura total (st/ha).

Fonte — Assis (2012)

O povoamento II superou todas as medidas indiretas quando comparado ao povoamento I. Uma justificativa seria o fato de o povoamento apresentar um espaçamento menor entre árvores, aumentando a competição e proporcionando um melhor desenvolvimento.

Na figura 11, está a diferença em três anos quanto oscilou as medidas diretas e indiretas para os dois povoamentos.

**Figura 11** – Diferença do primeiro levantamento para o atual.



HT min = altura total mínima (m); HT med = altura total média (m); HT max = altura total máxima (m); G = Área basal ( $m^2/ha$ ); VC-HF = volume cilíndrico com base na altura do fuste ( $m^3/ha$ ); VC-HT = volume cilíndrico com base na altura total ( $m^3/ha$ ); VR-HF = volume real com base na altura no fuste ( $m^3/ha$ ); VR-HT = volume real com base na altura total ( $m^3/ha$ ); VE-HF = volume empilhado com base na altura do fuste (st/ha) e VE-HT = volume empilhado com base na altura total (st/ha).

Fonte — Assis (2012)

O povoamento I apresentou apenas valores positivos que refletem um crescimento ativo, para a altura total mínima cresceu 1 metro e para o volume empilhado a altura total estimou-se um volume de 21,79 st/ha. Já o povoamento II, os volumes cilíndricos, real e empilhado, em todos a altura no fuste, foram negativos o que se justifica pelo surgimento de novos galhos ao longo do tronco, diminuindo, assim, a altura do fuste e, por consequência, as medidas que dela dependem.

## 4.2 Massa específica básica da madeira do nim

### 4.2.1 Massa específica básica do nim para árvores

Na tabela 3, na figura 12 estão os valores da massa específica básica determinada para o nim indiano em função das árvores.

**Tabela 3** – Teste de médias à massa específica básica de um povoamento de nim indiano em função das árvores.

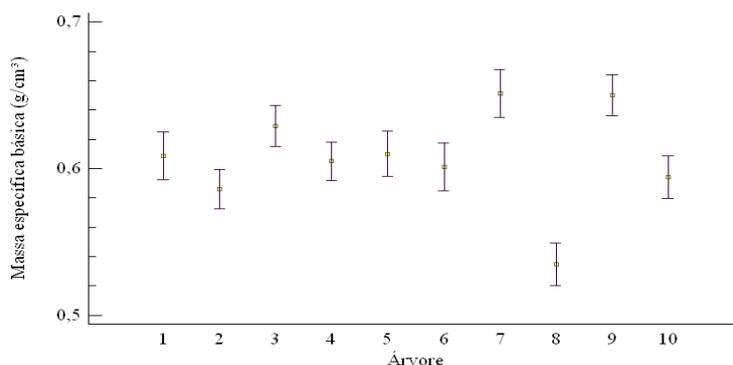
Fator	Repetição	Número de corpos de prova	Média	
Árvore	1	8	0,60	bc*
	2	12	0,59	b
	3	11	0,62	de
	4	12	0,61	bcd
	5	9	0,61	cd
	6	8	0,59	bc
	7	8	0,64	e
	8	10	0,53	a
	9	11	0,65	e
	10	10	0,59	b

Média: 0,60 g/cm<sup>3</sup>; Desvio padrão da amostra: 0,333 g/cm<sup>3</sup>; Coeficiente de variação: 5,53 %

\* Valores seguidos pela mesma letra, para um mesmo fator, não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD de Fisher (p > 5%).

Fonte — Assis (2012)

**Figura 12** – Intervalos de confiança da média (95%) da massa específica básica para dez indivíduos arbóreos de nim indiano, São José de Espinharas - PB.



Fonte — Assis (2012)

A massa específica básica média foi de  $0,60 \text{ g/cm}^3$  e coeficiente de variação de  $5,53\%$ . Com relação às árvores, foi encontrada diferença significativa da oitava árvore para as demais; já para a terceira, sétima e nona não diferenciaram, estatisticamente, entre si, mas diferem, significativamente, das demais.

Segundo Araújo, Rodriguez e Paes (2000) em Santo Antônio de Goiás/GO, em um povoamento de nim indiano com pouco mais de quatro anos de idade, foi determinada a massa específica básica e o valor encontrado foi de  $0,57 \text{ g/cm}^3$ , valor este próximo ao observado no presente estudo.

#### 4.2.2 Massa específica básica do nim para posição axial

Na tabela 4, estão os valores encontrados para o nim indiano em função das posições axiais, em que se verifica que o coeficiente de variação da base ao topo da altura comercial foi  $2,38\%$ , valor este inferior à variação que ocorreu entre árvores.

**Tabela 4** – Teste de médias à massa específica básica de um povoamento de nim indiano em função da posição axial.

Fator	Repetição	Número de corpos de prova	Média	
Posição axial	Base	37	0,62	b*
	Meio	33	0,60	a
	Superior	29	0,59	a

Média:  $0,60 \text{ g/cm}^3$  Desvio padrão da amostra:  $0,0143 \text{ g/cm}^3$  Coeficiente de variação:  $2,38 \%$

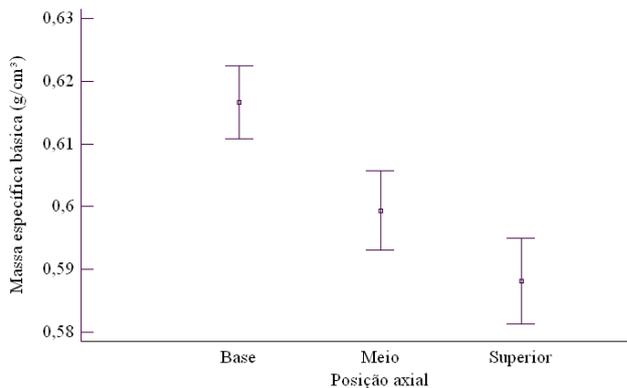
\* Valores seguidos pela mesma letra, para um mesmo fator, não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD de Fisher ( $p > 5\%$ ).

Fonte — Assis (2012)

Estudado por Siqueira (2004), a massa específica básica do *Pinus taeda* entre 12 árvores com a idade variando de 13 a 24 anos, nos municípios de Castro, Campo Largo e Guarapuava no Paraná. Esse autor observou a tendência de diminuição da base para o topo da árvore com os seguintes valores médios encontrados para as diferentes alturas:  $0,41 \text{ g/cm}^3$  para 20%;  $0,39$  para 30%;  $0,38$  para 50% e  $0,37$  para 70% da altura total. Comparando com os resultados determinados para o nim indiano, ele apresenta a mesma tendência em diminuição da massa específica da base para o topo da árvore e é superior aos valores encontrados para o *Pinus taeda*.

Na figura 13, observa-se, graficamente, a variação da massa específica básica em função da posição axial.

**Figura 13** - Intervalos de confiança da média (95%) da massa específica básica em função da posição axial para dez indivíduos arbóreos de nim indiano, São José de Espinharas - PB.



Fonte — Assis (2012)

Quanto à relação da posição axial houve diferença estatística significativa da base para as demais. Já as posições do meio e a superior não diferem, significativamente, entre si.

#### 4.2.3 Massa específica básica do nim para posição radial

Na tabela 5, estão os valores definidos para o nim indiano em função das posições radiais. O coeficiente de variação foi de 4,10%, sendo este inferior quando comparado à variação que ocorreu entre árvores e superior a posições axiais.

**Tabela 5** – Teste de médias à massa específica básica de um povoamento de nim indiano em função da posição radial para corpos de prova identificados a partir da medula.

Fator	Repetição	Número de corpos de prova	Média
Posição radial	Primeiro	26	0,62 c*
	Segundo	30	0,62 c
	Terceiro	28	0,59 b
	Quarto	15	0,57 a

Média: 0,60 g/cm<sup>3</sup> Desvio padrão da amostra: 0,0247 g/cm<sup>3</sup> Coeficiente de variação: 4,10 %

\* Valores seguidos pela mesma letra, para um mesmo fator, não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD de Fisher ( $p > 5\%$ ).

Fonte — Assis (2012)

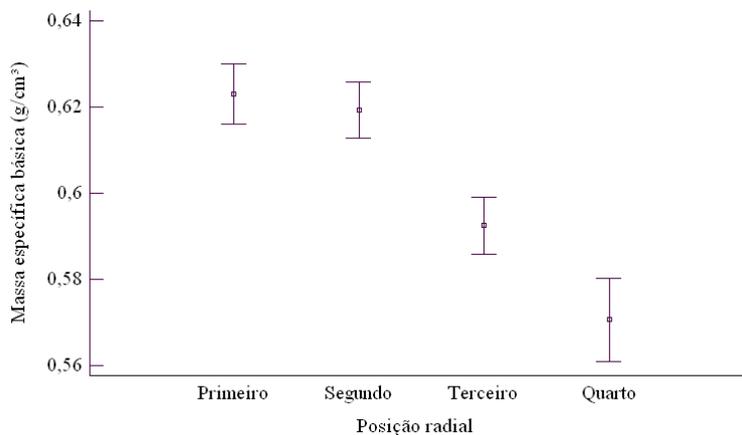
Santini Junior et al., (2010) analisou a variação da massa específica básica no sentido radial em *Alchornea sidifolia* encontrou a massa específica de 0,39 g/cm<sup>3</sup> na posição 0%(medula), já para as posições 20%, 40%, 60% e 80% foram iguais, apresentando as massas específicas de 0,38 g/cm<sup>3</sup> e a massa específica de 0,35 g/cm<sup>3</sup> para a posição 100% (extremidade “casca”), confirmado o resultado encontrado para o nim que tem a tendência de diminuir a massa específica básica da medula para a casca, ou seja, o primeiro (o mais próximo da medula) dispõe do maior valor e no quarto (mais próximo à casca) está o menor

valor. Quando comparados aos resultados, o nim apresenta maior massa específica, porém com a mesma tendência no sentido radial da *Alchornea sidifolia*.

Já Melo et al., (2006), ao analisarem a variação radial da massa específica básica no nim, encontrando variações que aumentaram da medula para a casca com os seguintes valores: 0,72 g/m<sup>3</sup> (porção interna), 0,74g/cm<sup>3</sup> (porção mediana interna), 0,78 g/m<sup>3</sup> (porções mediana externa e externa). Estes valores contrariam os determinados neste estudo, mas no trabalho que houve o aumento da casca para a medula não foi mencionada a quantidade de árvores, origem da semente, idade, condições edafoclimáticas, sistema de implantação, espaçamento, dentre outros fatores que influenciam a massa específica básica.

Na figura 14, observa-se, graficamente, a variação da massa específica básica em função da posição radial.

**Figura 14** – Intervalos de confiança da média (95%) da massa específica básica em função da posição radial para dez indivíduos arbóreos de nim indiano, São José de Espinharas - PB.



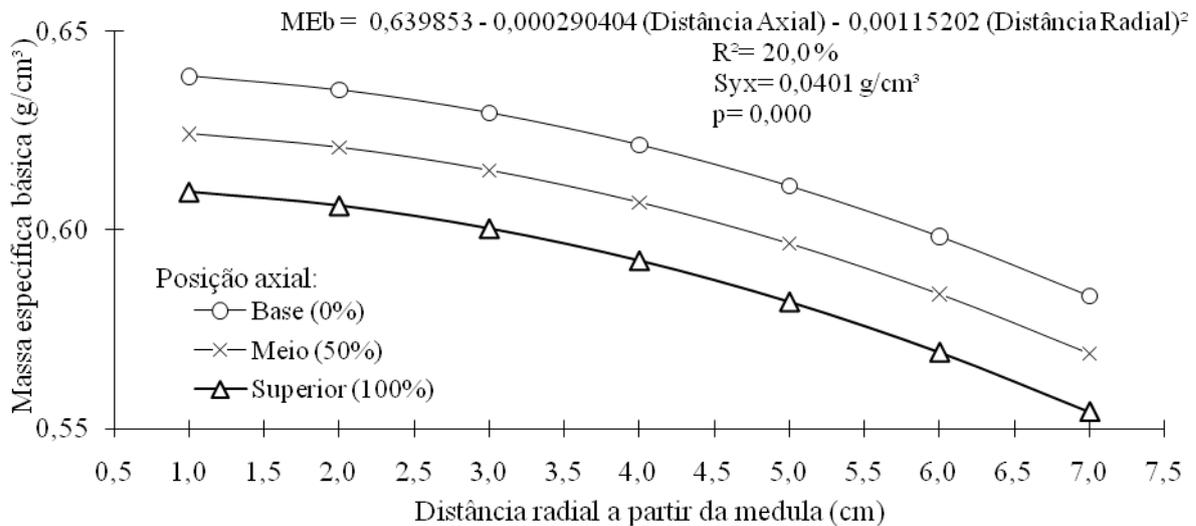
Fonte — Assis (2012)

Com relação às posições radiais, corpos de prova obtidos da terceira posição diferenciaram, significativamente, dos demais. O mesmo ocorreu com o quarto, já o primeiro e segundo não diferenciaram entre si (ambas as porções pertencentes ao cerne), contudo diferiram dos demais.

### 4.3 Influência da variação de massa específica básica do sentido axial e radial

Na figura 15, são apresentados os resultados encontrados para a massa específica básica nas posições radial e axial, que tendem a diminuir da base para o topo e da medula para a casca.

**Figura 15** - Influência da posição axial e radial sobre a massa específica básica (MEb) em árvores de nim indiano, São José de Espinharas - PB.



Fonte — Assis (2012)

Gatto (2006) observou que a variabilidade da massa específica básica é influenciada por fatores genéticos como a espessura da parede celular, quantidade de vasos, dimensões da fibra, teor de extrativos, origem da semente; fatores do meio (ex.: condições edafoclimáticas e topografia) e os fatores silviculturais (ex.: sistema de implantação, espaçamento, fertilização e condução da floresta).

Na tabela 6, apresenta-se a correlação de Pearson para as variáveis avaliadas.

**Tabela 6** – Correlação de Pearson para as variáveis obtidas a partir de dez árvores de nim indiano, São José de Espinharas - PB.

	Distância Axial	Distância Radial	Massa específica básica	Teor de umidade Saturado
Distância Axial	1	-0,1022 <sup>NS</sup>	-0,2144*	0,0963 <sup>NS</sup>
Distância Radial		1	-0,3793*	0,4639*
Massa específica básica			1	-0,9255*
Teor de umidade saturado				1

\*Significativo a 5% de probabilidade; NS Não significativo.

Fonte — Assis (2012)

Uma melhor correlação foi observada entre o teor de umidade saturado e a massa específica básica. Correlações, estatisticamente, significativas, também, foram observadas entre a massa específica e as distâncias axial e radial, confirmando os resultados obtidos anteriormente.

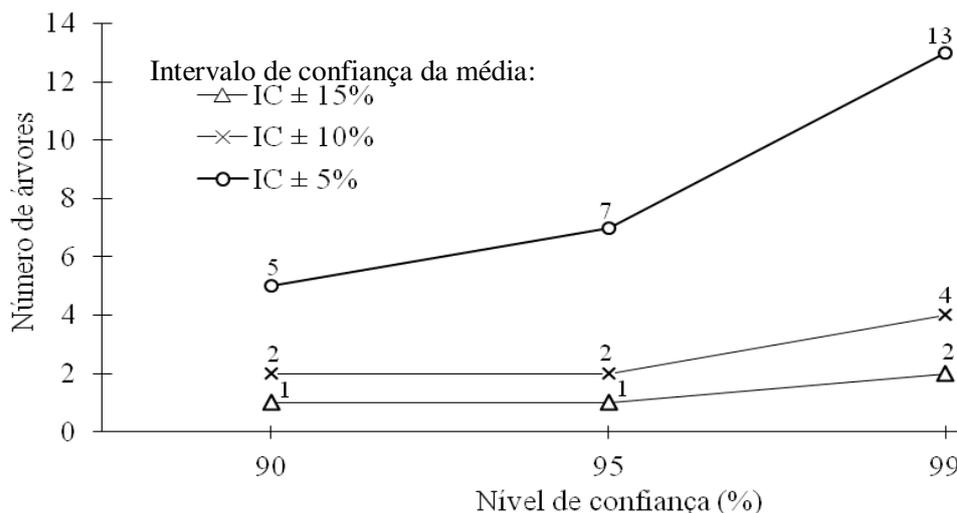
Essa alta correlação justifica o uso do máximo teor de umidade para estimar a massa específica, contemplada pela norma ABNT NBR 11941. Quanto maior a massa específica, menor o volume de vazios na madeira disponível para o recebimento de água e vice-versa.

#### 4.4 Caracterização da amostragem

O número de árvores para representar, estatisticamente, uma população é de extrema importância. Sendo a variabilidade das propriedades da madeira maior entre árvores do que dentro das mesmas árvores, estudos sugerem que o plano de amostragem contemple mais intensamente diferentes árvores do que diferentes posições dentro de uma mesma árvore (LISBOA; MELO; MATOS, 1993; FLORES et al., 1999).

Na amostragem preliminar do presente estudo, analisou-se a massa específica básica de dez árvores (um corpo de prova por árvore, ou seja, a média dos corpos de prova ‘posições radial e axial’ por árvore), das quais obteve-se um valor médio de  $0,6014 \text{ g/cm}^3$  e desvio padrão de  $0,0333 \text{ g/cm}^3$ . A partir desses valores, calculou-se o número de árvores necessárias à estimativa da massa específica básica para diferentes níveis de confiança e intervalos de confiança da média (Figura 16).

**Figura 16** – Número de árvores necessárias para a estimativa da massa específica básica, considerando diferentes níveis de confiança e intervalos de confiança da média.



Fonte — Assis (2012)

Segundo COPANT 458 (1972), para a realização de estudos tecnológicos das propriedades físicas da madeira são necessárias no mínimo três árvores por povoamento em espécies conhecidas já estudadas. Quando se trata de um conhecimento prévio do indivíduo,

deve-se trabalhar com 95% nível de confiança,  $\pm 15\%$  de intervalo de confiança e no mínimo cinco árvores. Da mesma maneira, a ASTM D 5536 (2004) afirma que o número de árvores a serem selecionadas deve ser no mínimo de cinco, devendo ser representativas do povoamento.

De acordo com as duas normas técnicas anteriores, o presente trabalho atende aos requisitos para o nível de confiança de 95% (probabilidade de erro de 5%) e um intervalo de confiança da média de 5%, exigindo 7 árvores para contemplar esse nível de exigência, logo a amostragem preliminar mostrou satisfatória. Nessas condições, uma vez analisadas 7 árvores, existem 95% de probabilidade de que o valor médio da população esteja dentro do intervalo definido por  $\pm 5\%$  do valor estimado. Já no caso de se exigir um nível de confiança de 99% (probabilidade de erro de 1%) e um intervalo de confiança da média de  $\pm 5\%$ , seriam necessárias 13 árvores. Portanto, para esse nível de exigência, a amostragem preliminar seria insatisfatória, necessitando de uma amostragem complementar para a retirada de pelo menos mais três árvores.

## 5 CONCLUSÕES

O povoamento de nim indiano de 16 anos de idade implantado no município de São José de Espinharas – PB caracterizou-se por apresentar diâmetro na base de 0,20 m, altura do fuste comercial de 1,70 m, altura total de 6,20 m, diâmetro médio da copa de 4,10 m, área basal para diâmetro na base de 11,90 m<sup>2</sup>/ha, volume cilíndrico para altura do fuste de 19,74 m<sup>3</sup>/ha, volume cilíndrico para altura total de 76,23 m<sup>3</sup>/ha, volume real para altura do fuste de 17,77 m<sup>3</sup>/ha, volume real para altura total de 68,61 m<sup>3</sup>/ha, volume de madeira empilhada para altura do fuste de 42,64 st/ha e volume de madeira empilhada para altura total de 164,66 st/ha.

Para o povoamento de 14 anos de idade, observou-se diâmetro na base de 0,16 m, altura do fuste comercial de 1,70 m, altura total de 5,80 m, diâmetro médio da copa de 3,00 m, área basal para diâmetro na base de 13,30 m<sup>2</sup>/ha, volume cilíndrico para altura do fuste de 23,10 m<sup>3</sup>/ha, volume cilíndrico para altura total de 78,81 m<sup>3</sup>/ha, volume real para altura do fuste de 20,79 m<sup>3</sup>/ha, volume real para altura total de 70,93 m<sup>3</sup>/ha, volume de madeira empilhada para altura do fuste de 49,90 st/ha e volume de madeira empilhada para altura total de 170,22 st/ha.

A massa específica básica média da madeira apresentou-se em 0,60 g/cm<sup>3</sup>. As árvores apresentaram variações dessa variável, sendo a variação maior entre árvore do que dentro delas, sendo a variação radial maior quando comparada à variação longitudinal, contribuindo com o conceito de que num plano de amostragem deve-se dar prioridade ao maior número de árvores.

Considerando-se o povoamento de 16 anos de idade, sete árvores seriam suficientes para contemplar o nível de confiança de 95% e a um intervalo de confiança da média de  $\pm 5\%$ .

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L. V. C. de; FERREIRA, A. E. dos S.; ASSIS, M. de M., MOREIRA, F. T. de A.; Avaliação das características dendrométricas de um povoamento de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) no semiárido paraibano. IN: II CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHARIA FLORESTAL, 2009, Campina Grande – PB. **Anais...** 2009.
- ARAÚJO, L. V. C. de; RODRIGUEZ, L. E. C.; PAES, J. B. Características físico-químicas e energéticas da madeira de nim indiano. **Scientia Forestalis**. jun. 2000. n.57, p.153-159.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Madeira – Determinação da densidade**. (NBR 11941). Rio de Janeiro, ABNT, 2003, 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de madeira**. (NBR 7190). Rio de Janeiro, ABNT, 1997, 107 p.
- ASTM D. **Standard practice for sampling forest trees for determination of clear wood properties**. D5536-94. Philadelphia: ASTM, 2004. 9 p.
- BENJAMIN, C. A. **Comparação entre três critérios de amostragem para a avaliação da densidade básica da madeira de florestas implantadas de eucaliptos**. 2002, 148p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura), UNESP – Botucatu – SP.
- BENVINDA, J. M. de S. **Decomposição de resíduos de nim (*Azadirachta indica*) em agroecossistemas no semi-árido da Paraíba**. 2005, 58p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Área de Concentração em Sistemas Agrossilvipastoris no Semi-árido), Universidade Federal de Campina Grande, campus Patos – PB.
- BITTENCOURT, A. M. **O cultivo do nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss.): uma visão econômica**. 2006. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- CARPANEZZI, A. A.; NEVES, E. J. M. **Teores Foliare de Nutrientes em Plantios de Nim nos Estados do Paraná e São Paulo**. Embrapa florestas. Colombo, PR; Dezembro, 2006. 5 p. ISSN 1517-5030 (Comunicado técnico, 168).
- CARPANEZZI, A. A.; NEVES, E. J. M.; AGUIAR, A. V. de; SOUSA, V. A. Espécies lenhosas alternativas para fins econômicos no Paraná. In: II SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL E XI SEMANA DE ESTUDOS FLORESTAIS. Embrapa florestas, 2010, Colombo - PR. **Anais...** 2010.
- CHASSOT, T. **Modelos de crescimento em diâmetro de árvores individuais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na floresta ombrófila mista**. Santa Maria, 2009. 48 p. Dissertação (Mestrado em Área de Concentração em Manejo Florestal) Universidade Federal de Santa Maria – RS.
- COPANT, **Comision Panamericana de Normas Técnicas. Selección y colección de muestras**. COPANT 458. Abril de 1972.

- FLORES, D. M. M. **Variação das características dendrométricas da qualidade da madeira e da celulose entre árvores de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith.** 1999. 111 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria – RS.
- FLORES, D. M. M.; CARDOSO, G. V.; FOELKEL, C. E. B.; FRIZZO, S. M. B. Amostragem de árvores para estudos tecnológicos da madeira para produção de celulose: Tamanho da amostra, número mínimo de repetições e variabilidade das propriedades para um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. IN: 32º CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL. 1999, São Paulo - SP. **Anais...**1999.
- GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem racional da madeira.** São Paulo – SP. Nobel, 1985. 111p.
- GATTO, D. A. **Características tecnológicas do vergamento das madeiras de *Luehea divaricata*, *Carya illinoensis* e *Platanus x acerifolia* como subsídios para o manejo florestal.** Tese (doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria – RS, 2006. p.111
- LISBOA, C. D. J.; MATOS, J. L. M.; MELO, J. E. Amostragem e propriedades físico-mecânicas de madeiras amazônicas. **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis Coleção Meio Ambiente; Série Estudos – Floresta, nº 1.** Brasília: IBAMA 1993. 107p.
- LOPES, C. S. D.; NOLASCO, A. M.; FILHO, M. T.; DIAS, C. T. Dos S.; PANSINI, A. Estudo da massa específica básica e da variação dimensional da madeira de três espécies de eucalipto para a indústria moveleira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 315-322, abr.-jun., 2011.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M. de; TORRE, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas.** 1 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum. 2003, 368 p.
- MARTINEZ, S. S. (Ed.). **O nim *Azadirachta indica*: natureza, usos múltiplos, produção.** Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 2002. 142 p.
- MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; JUNIOR, L. C. de S.; MORAIS, F de; MENDES, V. A.; MIRANDA, J. L. F. de. **CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de Fontes de abastecimento por água subterrânea.** Diagnóstico do município de São José de Espinharas, estado da Paraíba. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
- MATTOS, B. D.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M; CALEGARI, L.; MELO, R. R. de; SANTINI, E. J. Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias.** ISSN (on line): 1981-0997, v.6, n.1, p.121-126, jan.-mar. Recife, PE, UFRPE. 2011.
- MELO, R. R.; PAES, J. B.; LIMA, C. R.; FERREIRA, A. G. Estudo da variação radial da densidade básica de sete madeiras do semi-árido. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, ano IV, n.7, p.1-8, 2006.

SANTINI JUNIOR, L.; LONGUI, E. L.; LIMA, I. L. de; AGUIAR, O. T. de; FLORSHEIM, S. M. B. Análise anatômica qualitativa e quantitativa e densidade básica da madeira de *Alchornea sidifolia* Müll. Arg. (Euphorbiaceae). **Revista do Instituto Florestal** v. 22, n. 2, p. 201-214, dez. 2010.

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

SILVA, L. B. da. **Variação na estrutura da madeira de quatro espécies da caatinga nordestina e seu potencial para o desenvolvimento sustentável**. 2006. 131 p. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana – BA.

SILVA, R. P. da. **Padrões de crescimento de árvores que ocorrem em diferentes topossequências na região de Manaus - AM**. Manaus: INPA/UA, 2001. 60 p.

SIQUEIRA, K. P. de. **Variabilidade da massa específica de *Pinus taeda* L. em diferentes classes de sítio**. 2004. p.54. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba – PR.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação de densidade da madeira**. Boletim técnico, Viçosa-MG, SIF, 1984. 21p.