



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

SUZANE SERRANO CERVEIRA

**EQUAÇÕES ALOMÉTRICAS PARA ESTIMAR A BIOMASSA ACIMA DO
SOLO EM FLORESTA PLANTADA COM TACHI-BRANCO (*Tachigali
vulgaris*), DOM ELISEU/ PARÁ**

**Belém-Pará
2015**

SUZANE SERRANO CERVEIRA

**EQUAÇÕES ALOMÉTRICAS PARA ESTIMAR A BIOMASSA ACIMA DO
SOLO EM FLORESTA PLANTADA COM TACHI-BRANCO (*Tachigali
vulgaris*), DOM ELISEU/ PARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com o Museu Paraense Emílio Goeldi e Embrapa Amazônia Oriental como parte das exigências para a obtenção de grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e Dinâmica Sócio-ambiental na Amazônia.

Linha de pesquisa: Ecossistemas amazônicos e dinâmicas socioambientais.

Orientador: José Henrique Cattanio

**Belém-Pará
2015**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pela autora.

- C419e Cerveira, Suzane Serrano.
Equações alométricas para estimar a biomassa acima do solo em floresta plantada com tachi-branco (*Tachigali vulgaris*), Dom Eliseu/ Pará / Suzane Serrano Cerveira. — 2019.
111 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Dr. José Henrique Cattanio
Dissertação (Mestrado) – Programa
de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade
Federal do Pará, Belém, 2015.
1. Biomassa – Dom Eliseu (PA). 2. Plantações florestais. 3. Micrometeorologia. 4.
Regressão Linear. I. Título.

CDD 662.88

SUZANE SERRANO CERVEIRA

**EQUAÇÕES ALOMÉTRICAS PARA ESTIMAR A BIOMASSA ACIMA DO SOLO
EM FLORESTA PLANTADA COM TACHI-BRANCO (*Tachigali vulgaris*), DOM
ELISEU/ PARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com o Museu Paraense Emílio Goeldi e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Oriental, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais. Área em Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia.

Data de aprovação: 24/ 07 / 2015

Banca Examinadora:

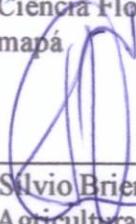


Orientador

Prof. Dr. José Henrique Cattanio
Doutor em Agronomia
Universidade Federal do Pará



Prof. Dr. Jorge Alberto Gazel Yared
Doutor em Ciência Florestal
Embrapa Amapá



Prof. Dr. Silvio Brienza Júnior
Doutor em Agricultura Tropical
Embrapa Amazônia Oriental



Prof. Dr. Marcos Adami
Doutor em Sensoriamento Remoto
Inpe/ Universidade Federal do Pará

Aos meus pais, Laércio Cerveira Filho
e Darcy Serrano Cerveira, por toda a
dedicação, cuidado e paciência,
À minha irmã Fabiane Serrano
Cerveira e Sobrinho Davi Cerveira,
por todo o amor.
Ao Karlson Lima, meu amor, meu
anjo e companheiro de todas as horas.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as oportunidades que foram concedidas, por todas as minhas conquistas, por toda a força dada, pois sem elas não teria chegado até aqui. Obrigada por estar sempre presente no meu coração, por ajudar sempre quando mais precisei. Obrigada por todas as alegrias que tive, que tenho e que ainda terei. Gratidão, essa é a melhor palavra para expressar tudo que sinto por ti.

Aos meus pais, Laércio Cerveira Filho e Darcy Serrano Cerveira, por terem sempre me incentivado na vida acadêmica e pessoal. Obrigadão

Ao meu companheiro e amigo Karlson Karlton por ter me apoiado neste caminho, pois sua iniciativa foi fundamental a finalização deste projeto.

À Universidade Federal do Pará e ao programa de pós-graduação em Ciências Ambientais pela oportunidade oferecida.

Ao prof. José Henrique Cattanio pela orientação, confiança e contribuições para minha formação acadêmica.

Ao prof. Silvio Brienza Jr. pela confiança, ensinamentos e aos recursos com os quais foi possível a realização da atividade de campo.

À Embrapa Amazônia Oriental pela infraestrutura e ao projeto *Restauração e produção de florestas Sustentáveis para o estado do Pará* suporte financeiro de minhas atividades de campo.

Ao proprietário da Fazenda Gênese por permitir a realização deste trabalho e aos demais trabalhadores de Dom Eliseu/Pará.

À CAPES pela bolsa de concedida.

À Vanessa Sousa por todo o auxílio na logística das coletas de campo e atenção recebida. As estagiárias da Embrapa que tanto me ajudaram nesse processo, Julie, Carol, Stefanni, e especialmente Arllen, Liliane e Yuki que fazem parte do grupo "treta", sem elas o desenvolvimento deste trabalho teria sido mais lento.

Às pessoas maravilhosas que conheci no mestrado que hoje fazem parte da minha vida Tainah Narducci e todos da minha turma, amei ter conhecido vocês.

Agradeço de todo coração meus amigos Miguel Sá e Bruno Andrade que me ajudaram na reta final, vocês foram essenciais pra mim.

Agradeço a todos que, contribuíram direta e indiretamente para que este trabalho se realizasse, por todo o esforço e dedicação de cada um.

RESUMO

O estudo de biomassa em floretas tropicais tem assumido um papel de grande importância em relação à contribuição dos ecossistemas para o ciclo global do carbono. Muitos artigos sugerem o plantio de *Tachigali vulgaris* (Taxi-Branco) para projetos de captação de carbono na Amazônia e geração de créditos de carbono. Porém pouco se sabe como estimar o incremento de biomassa e como diferentes espaçamentos interferem no microclima local. O presente trabalho foi conduzido na Fazenda Gênese no município de Dom Eliseu, Estado do Pará, teve por objetivo determinar curvas alométricas para acúmulo de biomassa acima do solo, utilizando métodos destrutivos, o teor de carbono na biomassa e consequentes variações micrometeorológica em Taxi-Branco, nos espaçamentos 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m, com densidade populacional variando de 208 até 403 plantas por parcela. Para as equações utilizou-se uma base de dados de 54 árvores de uma única espécie, nas quais foram medidas as variáveis altura total, diâmetro à altura do peito (DAP), sendo que cada árvore amostra foi derrubada e dividida nos componentes tronco, galhos e folhas. O peso verde de cada componente foi obtido *in loco*, sendo que amostras verdes foram coletadas, pesadas e trazidas ao laboratório em Belém para secagem em estufa até peso constante. Foram utilizados 17 modelos de equações de regressão comumente utilizados na literatura, sendo escolhidas as equações com maior coeficiente de determinação (R^2). O estoque de biomassa e carbono da parte aérea foi observado no espaçamento mais denso, ou seja, 4mx4m, concentrando-se principalmente no tronco da árvore. A distribuição do teor de umidade por classes foi: folhas > galhos > tronco. O segmento tronco foi dividido conforme a sua altura nas medidas (BASE, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura total do tronco, o DAP obteve maior teor de umidade do que os outros compartimentos. A temperatura foi maior no espaçamento com menor densidade (4mx4m) e a umidade relativa teve seus maiores valores para espaçamentos com maiores densidades (4mx2m). Os meses de setembro e outubro apresentaram maior temperatura, e menor umidade relativa, entretanto, os meses de novembro e dezembro, apresentaram menor temperatura e maior umidade relativa do ar.

Palavras-chave: Biomassa – Dom Eliseu (PA). Micrometeorologia. Plantações florestais. Regressão Linear.

ABSTRACT

The biomass study in tropical FORESTS has played a major role in relation to the contribution of ecosystems to the global carbon cycle. Many articles suggest planting *Tachigali vulgaris* (Taxi-White) for carbon capture projects in the Amazon and the generation of carbon credits. However little is known how to estimate the biomass increment and how different spacing interferes with the local microclimate. The present study was conducted at Genesis farm in Dom Eliseu city, Pará State, aimed to determine allometric curves for accumulation of aboveground biomass using destructive methods, and the carbon in the biomass and consequent micrometeorological variations in Taxi-White in spacing 4mx2m, 4mx3m and 4mx4m, with population density ranging from 208 to 403 plants per plot. For the equations used a database of 54 trees of a single species, in which were measured variables total height, diameter at breast height (DBH), each sample tree was felled and split the trunk components, branches, and leaves. The fresh weight of each component was obtained in place, and green samples were collected, weighed and brought to the laboratory in Bethlehem to oven drying to constant weight. 17 models of regression equations were used commonly used in the literature, being chosen equations with a higher coefficient of determination (R^2). The stock biomass and shoot carbon were observed in the denser spacing, ie, 4mx4m, focusing mainly on the tree trunk. The distribution of the moisture content of classes was: leaves > branches > trunk. The trunk segment is divided according to their height into steps (BASE, DAP, 25%, 50%, 75% and 100% of the total stem height, DAP had a higher moisture content than the other compartments. The temperature was greater spacing with lower density (4mx4m) and the relative humidity had its highest values for spacing with higher densities (4mx2m). The months of September and October showed higher temperature and lower relative humidity, however, the months of November and December, showed lower temperature and higher relative moisture.

Keywords: Biomass – Dom Eliseu (PA). Micrometeorology. Forest plantations. Linear Regression.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1- Localização da área experimental na fazenda Gêneseis no município de Dom Eliseu, no estado do Pará, sendo as áreas em vermelhos as parcelas de Tachi Branco com espaçamento de 4mx4m, as áreas em amarelo as parcelas de 4mx3m, e as áreas em azul as parcelas de 4mx2m. 35
- Figura 2- Medição do DAP das árvores de Tachi branco em povoamento homogêneo da fazenda Gêneseis Salém, no município de Dom Eliseu (PA)..... 40
- Figura 3- Esquema representativo da árvore e do local onde foram retirados os discos para estudo da densidade e volume do tronco das árvores de plantio homogêneo de Tachi-branco..... 41
- Figura 4- Etapas realizadas a campo. A) corte da árvore desde a base do tronco; B) retirada dos discos para as amostras; C) pesagem dos galhos com casca; D) medição dos diâmetros dos discos em diferentes alturas; E) etiquetagem dos troncos e F) identificação das amostras em campo de Tachi-branco na fazenda Gêneseis, em Dom Eliseu (PA)..... 42
- Figura 5- A) Pesagem dos galhos e B) retirada das folhas de Tachi-branco na fazenda Gêneseis, em Dom Eliseu (PA). 42
- Figura 6- (A) Identificação das árvores as quais demarcam o centro da parcela, (B) Colocando o aparelho "Datalogger" Hobo ProV2 para medir o microclima, na fazenda Genesis Salém, Dom Eliseu (PA)..... 45
- Figura 7- Média final de DAP para cada tratamento de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA). 48
- Figura 8- Média final da altura total para cada tratamento de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA). 50
- Figura 9- Média da biomassa úmida (kg árvore^{-1}), seca (kg árvore^{-1}) e teor de umidade (% umidade árvore⁻¹) para cada tratamento de Tachi-branco, com sete anos e meio de idade Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA). 52
- Figura 10- Proporção de Biomassa seca (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste com sete anos e meio de idade Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA). 54

Figura 11- Média do peso de Biomassa seca (kg árvore ⁻¹) ao longo do fuste (base do tronco, DAP do tronco, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	55
Figura 12- Média de peso de Carbono (kg) ao longo do fuste (base do tronco, DAP do tronco, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores Tachi-branco no espaçamento 4mx2m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	57
Figura 13- Média e desvio padrão do teor de umidade (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste, plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	58
Figura 14- Proporção do teor de umidade (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste com sete anos e meio de idade, FazendaGêneseis, Dom Eliseu (PA).	59
Figura 15- Média e desvio padrão do teor de umidade ao longo do fuste (base do tronco, DAP do tronco, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m com sete anos e meio de idade Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	60
Figura 16- Proporção de biomassa seca (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste, com sete anos e meio de idade, FazendaGêneseis, Dom Eliseu (PA).	62
Figura 17- Média do peso de Biomassa seca (kg árvore ⁻¹) ao longo do fuste (base do tronco, DAP do tronco, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	63
Figura 18- Média de peso de Carbono (kg) ao longo do fuste (base do tronco, DAP do tronco, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores Tachi-branco no espaçamento 4mx3m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	64
Figura 19- Média e desvio padrão do teor de umidade (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste, plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	66

Figura 20- Proporção do teor de umidade (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste, com sete anos e meio de idade, FazendaGênesis, Dom Eliseu (PA).	67
Figura 21- Média e desvio padrão do teor de umidade ao longo do fuste (base do tronco, DAP do tronco, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m com sete anos e meio de idade Fazenda Gênesis, Dom Eliseu (PA).....	68
Figura 22- Proporção de Biomassa seca (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste, com sete anos e meio de idade, FazendaGênesis, Dom Eliseu (PA).	70
Figura 23- Média do peso de Biomassa seca (kg árvore ⁻¹) ao longo do fuste (base do tronco, DAP do tronco, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gênesis, Dom Eliseu (PA). 71	
Figura 24- Média de peso de Carbono (kg) ao longo do fuste (base do tronco, DAP do tronco, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores Tachi-branco no espaçamento 4mx4m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gênesis, Dom Eliseu (PA).	72
Figura 25- Média e desvio padrão do teor de umidade (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste, plantados na Fazenda Gênesis, Dom Eliseu (PA).....	73
Figura 26- Proporção do teor de umidade (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste com sete anos e meio de idade, Fazenda Gênesis, Dom Eliseu (PA).	74
Figura 27- Média e desvio padrão do teor de umidade ao longo do fuste (base do tronco, DAP do tronco, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m com sete anos e meio de idade Fazenda Gênesis, Dom Eliseu (PA).....	75
Figura 28- Biomassa total seca (kg árvore ⁻¹) em cada espaçamento 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m.nas 18 árvores de Tachi-branco com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gênesis, Dom Eliseu (PA).....	76
Figura 29- Estimativa da biomassa total seca (kg árvore ⁻¹) dentro de cada espaçamento 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m de árvores de Tachi-branco com sete anos e meio de idade Fazenda Gênesis, Dom Eliseu (PA).	77

Figura 30- A) Média do peso Individual da biomassa em cada espaçamento estudado e B) é a média do peso total em cada espaçamento de Tachi-branco com sete anos e meio de idade Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	77
Figura 31- A) Média da Biomassa úmida (Kg árvore ⁻¹) nas folhas; B) Média da Biomassa úmida (Kg árvore ⁻¹) nos galhos e C) Média da Biomassa úmida (Kg árvore ⁻¹) no tronco comparado em cada espaçamento 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m de Tachi-branco com sete anos e meio de idade Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	78
Figura 32- A) Média da Biomassa seca (Kg árvore ⁻¹) nas folhas; B) Média da Biomassa seca (Kg árvore ⁻¹) nos galhos e C) Média da Biomassa seca (Kg árvore ⁻¹) no tronco comparado em cada espaçamento 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m de Tachi-branco com sete anos e meio de idade Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA). 79	79
Figura 33- A) Média do Teor de umidade (%) nas folhas; B) Média do Teor de umidade (%) nos galhos e C) Média do Teor de umidade (%) no tronco comparado em cada espaçamento 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m de Tachi-branco com sete anos e meio de idade Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	80
Figura 34- Média da Temperatura (°C) nas áreas 1 e 2 de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	86
Figura 35- Variação da temperatura (°C) em função do espaçamento em cada área de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	87
Figura 36- Média da Temperatura (°C) em função dos meses (Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro), e dos espaçamentos (4mx2m, 4mx3m e 4mx4m) nas áreas 1 e 2, de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	89
Figura 37- Variação média de temperatura da área 1, nos espaçamentos 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m ao longo dos dias 15, 16 e 17 nos meses de Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro de 2014, de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	90
Figura 38- Variação média de temperatura da área 2, nos espaçamentos 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m ao longo dos dias 15, 16 e 17 nos meses de Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro de 2014, de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	91

Figura 39- Umidade relativa média nas áreas 1 e 2 de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	92
Figura 40- Variação da umidade relativa em função da área (1 e 2) em cada espaçamento de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	93
Figura 41- Umidade relativa em função dos meses (Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro), nos três espaçamentos da área 1 e área 2, de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	94
Figura 42- Variação média de Umidade Relativa na área 1, nos espaçamentos 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m ao longo dos dias 15, 16 e 17 nos meses de Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro de 2014, de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	95
Figura 43- Variação média de Umidade Relativa na área 2, nos espaçamentos 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m ao longo dos dias 15, 16 e 17 nos meses de Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro de 2014, de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Descrição do solo da área experimental da Fazenda Gênese, no município de Dom Eliseu, Para.	37
Tabela 2- Análise química do solo, Fazenda Gênese Salém, no município de Dom Eliseu, Pará.	37
Tabela 3- Área dos blocos e número de plantas, em cada um dos Espaçamentos.	39
Tabela 4- Modelos matemáticos das equações de regressão para estimativa da biomassa de Tachi-branco em plantios homogêneos na fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA), sendo PS o peso seco total, a, b, c e d coeficientes das equações alométricas, DAP é diâmetro da altura do peito, e H a altura total.....	44
Tabela 5- Valores de DAP (cm), nas classes máxima, mínimo e média para cada tratamento de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).....	47
Tabela 6- Valores de altura total (m), nas classes máximo, mínimo e média para cada tratamento de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).....	49
Tabela 7- Valores médios de Biomassa úmida (kg) e seca (kg) e quantidade média de carbono (kg) por árvore nos espaçamentos 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).....	51
Tabela 8- Valores médios de biomassa úmida (kg árvore ⁻¹) nas classes de compartimentos (Folhas, Galhos e Fuste), seguido de desvio padrão, coeficiente de variação (%), peso Máximo e Mínimo em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).....	53
Tabela 9- Valores médios de biomassa seca (kg) nas classes (Folhas, Galhos e Fuste), desvio padrão, coeficiente de variação (%) em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m com sete anos e meio de idade Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).....	53
Tabela 10- Valores médios de conteúdo de carbono (kg) nas classes estudadas (Folhas, Galhos e Fuste), desvio padrão, coeficiente de variação (%) em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m.	56

Tabela 11- Valores médios do teor de umidade (%) nas classes (Folhas, Galhos e Fuste), desvio padrão, coeficiente de variação (%), máximo e mínimo em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).....	57
Tabela 12- Teste de Tukey para o Teor de umidade de Tachi-branco nos três compartimentos para o espaçamento 4mx2m.	58
Tabela 13- Valores médios de biomassa úmida (kg árvore ⁻¹) nas classes de compartimentos (Folhas, Galhos e Fuste), seguido de desvio padrão, coeficiente de variação (%), peso Máximo e Mínimo em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).....	61
Tabela 14- Valores médios de biomassa seca (kg) nas classes (Folhas, Galhos e Fuste), desvio padrão, coeficiente de variação (%) em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	61
Tabela 15- Valores médios de conteúdo de carbono (kg) nas classes estudadas (Folhas, Galhos e Fuste), desvio padrão, coeficiente de variação (%) em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m.	64
Tabela 16- Valores médios do teor de umidade (%) nas classes (Folhas, Galhos e Fuste), desvio padrão, coeficiente de variação (%) máximo e mínimo em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).....	65
Tabela 17- Teste de Tukey para o Teor de umidade de Tachi-branco nos três compartimentos para o espaçamento 4mx3m.	66
Tabela 18- Valores médios de biomassa úmida (kg árvore ⁻¹) nas classes de compartimentos (Folha, Galhos e Fuste), seguido de desvio padrão, coeficiente de variação (%), peso Máximo e Mínimo em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).....	68
Tabela 19- Valores médios de biomassa seca (kg) nas classes (Folhas, Galhos e Fuste), desvio padrão, coeficiente de variação (%) em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m com sete anos e meio de idade Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).....	69

Tabela 20- Valores médios de conteúdo de carbono (kg) nas classes estudadas (Folhas, Galhos e Fuste), , desvio padrão, coeficiente de variação (%) em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m..	71
Tabela 21- Valores médios do teor de umidade (%) nas classes (Folhas, Galhos e Fuste), desvio padrão, coeficiente de variação (%), máximo e mínimo em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).	73
Tabela 22- Teste de Tukey para o Teor de umidade de Tachi-branco nos três compartimentos para o espaçamento 4mx4m.	74
Tabela 23- Equações ajustadas para a estimativa do peso seco das folhas de Tachi-branco na fazenda Genesis, Dom Eliseu (PA).	81
Tabela 24- Equações ajustadas para a estimativa do peso seco dos galhos de Tachi-branco na fazenda Genesis, Dom Eliseu (PA).	82
Tabela 25- Equações ajustadas para a estimativa do peso seco do fuste de Tachi-branco na fazenda Genesis, Dom Eliseu (PA).	83
Tabela 26- Resultado da equação para estimar a biomassa aérea total de plantios homogêneos de Tachi-branco, na fazenda Genesis, Dom Eliseu (PA).	85

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	18
1.1 Objetivo geral	20
1.1.1 Objetivos Específicos	20
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 Biomassa e Sequestro de carbono em plantios florestais	21
2.2 Florestas plantadas energéticas e Carbono	23
2.3 O Tachi-branco	24
2.4 Crescimento das Árvores	25
2.5 Fatores que afetam o crescimento florestal	27
2.5.1 Radiação da luz	27
2.5.2 Espaçamento	28
2.6 Método direto e indireto para quantificação de biomassa	29
2.7 Alometria	30
2.8 Modelos de regressão	31
2.9 Microclima	33
3 MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1 Caracterização da área de estudo	35
3.1.1 Localização da área.....	35
3.1.2 Vegetação.....	36
3.1.3 Clima.....	36
3.1.4 Solos.....	36
3.1.5 Descrição da espécie	38
3.2 Técnicas para a obtenção da biomassa aérea	38
3.3 Preparo da área para o plantio	39
3.3.1 Seleção das árvores amostrais.....	39
3.3.2 Coleta de dados de biomassa	40
3.3.3 Amostragem do Tronco	41
3.3.4 Amostragem da Copa.....	42
3.3.5 Teor de umidade	43
3.3.6 Estimativa do estoque de carbono.....	43
3.4 Modelos testados	44

3.4.1	Análises estatísticas e escolha das melhores equações	44
3.4.2	Medições do microclima	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1	Descrição da estrutura das árvores coletadas	47
4.2	Crescimento em Diâmetro	47
4.3	Efeito do espaçamento no crescimento em Altura	48
4.4	Estoque de Biomassa, Carbono e teor de umidade da parte aérea das plantas. 50	
4.5	Espaçamento 4mx2m	52
4.5.1	Biomassa úmida e seca	52
4.5.2	Estoque de Carbono	56
4.5.3	Teor de umidade	57
4.6	Espaçamento 4mx3m	61
4.6.1	Biomassa úmida e seca	61
4.6.2	Estoque de Carbono	63
4.6.3	Teor de umidade	64
4.7	Espaçamento 4mx4m	68
4.7.1	Biomassa úmida e seca	68
4.7.2	Estoque de Carbono	71
4.7.3	Teor de umidade	72
4.8	Comparação entre os espaçamentos 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m.	76
4.9	Equação alométrica	80
4.9.1	Ajuste para a folhagem	80
4.9.2	Ajuste para os galhos	82
4.9.3	Ajuste para o fuste	83
4.9.4	Ajuste para a biomassa total da árvore	84
4.10	Comportamento do microclima florestal.....	85
4.10.1	Temperatura do ar	85
4.10.2	Umidade relativa do ar	91
5	CONCLUSÕES	97
	REFERÊNCIAS	99

1. INTRODUÇÃO GERAL

As mudanças climáticas globais veem sendo atualmente um dos maiores problemas da humanidade. Historicamente os ciclos de resfriamento e aquecimento se alternam naturalmente no planeta Terra. No entanto, a partir do século XIX com a Revolução Industrial, produziu-se um notável aumento do consumo de combustíveis fósseis, acarretando em um considerável crescimento do lançamento de gases causadores do efeito estufa na atmosfera, em especial o dióxido de carbono (CO₂), intensificando o aquecimento global (ABDALLA; BARREIRA-NETO; FONSECA, 2011). Tais mudanças podem levar a um aumento da temperatura global com conseqüente derretimento das calotas polares, provocando o aumento do nível médio dos mares e alterações na circulação oceânica (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC, 2013).

O estudo de biomassa vegetal em floretas tropicais tem assumido grande importância em relação à contribuição dos ecossistemas para o ciclo global do carbono (KOMIYAMA; ONG; POUNGPARN, 2008). A Amazônia exerce um papel fundamental no contexto das mudanças climáticas, pois é um grande reservatório de carbono, sendo estimado que sua vegetação armazene entre 60 a 80 bilhões de toneladas de carbono (KARSTENSEN; PETERS; ANDREW, 2013). Por outro lado, o desmatamento da Amazônia e a mudança do uso da terra tem sido a principal responsável pelo excesso de emissões de gases do efeito estufa no Brasil (IPCC, 2013).

A retirada de CO₂ da atmosfera, pela fotossíntese, e sua estocagem na forma de biomassa vegetal é um dos serviços ambientais prestados pelas florestas que mais se destacam, devido a sua contribuição na mitigação do efeito estufa (FEARNSIDE; BARBOSA; PEREIRA, 2013). Segundo Silveira (2010) além da acumulação de elementos poluente nocivos à qualidade de vida, que são realizados pelas estruturas carbônicas das árvores, cresce o interesse pelos estudos da biomassa, destacando-se também outras importantes finalidades, como a quantificação para fins energéticos, mercado de carbono, ciclagem de nutrientes e como base de informação para o manejo florestal. A remoção e fixação do CO₂ da atmosfera pela biosfera terrestre é uma das opções que vem sendo propostas para compensar a emissão deste gás (LACERDA *et al.* 2009).

A definição de biomassa vegetal na visão de Pedrosa *et al.* (2013) é a quantidade de material vegetal, expressa em unidade de massa, contida por unidade de área. A distribuição da biomassa vegetal nos indivíduos é desproporcional, sendo que uma porção vai para a parte aérea e a outra para a subterrânea, a qual relação é diferenciada até entre os indivíduos da mesma espécie (PEDROSA *et al.*, 2013). Essa variação na distribuição se deve a diversos fatores como características genéticas, idade e condições do ambiente (CASTRO; KAUFFMAN, 1998; VIEIRA *et al.*, 2009).

Para Miranda (2008) a quantidade de carbono que é armazenada no vegetal depende da variável biomassa, nesse sentido, quanto maior a quantidade de biomassa maior é a quantidade de carbono armazenada. As estimativas de biomassa que são encontradas na literatura provêm de dois métodos: os diretos e os indiretos (BOINA, 2008; RAVINDRANATH; OSTWALD, 2008). O método direto consiste em derrubar, cortar e pesar todas as árvores de uma parcela fixa. O método indireto utiliza estimativas provenientes de inventários, com o uso de modelos alométricos que são baseados em dados diretos, os quais são correlacionados a variáveis dendométricas, ou se utiliza uma base de dados de um sistema de informação geográfica onde o volume da madeira é a principal variável da estimativa (HIGUCHI; CARVALHO Jr., 1994; HIGUCHI *et al.* 1998).

O estudo do microclima no interior de áreas de floresta no Brasil tem sido para a micrometeorologia um assunto pouco explorado, por ser um tema pouco conhecido pelos padrões de variabilidade espacial do microclima dentro de floresta plantada de Tachi-branco (*Tachigali vulgaris* L. G. Silva & H. C. Lima). Estes fatores micrometeorológicos, temperatura e umidade relativa, constituem aportes qualitativos para a elaboração de protocolo climático, estudos de modelagem numérica para a simulação dos principais eixos de variabilidade microclimática e investigações experimentais baseadas em instrumentação específica (nem sempre disponível). Se o impacto sobre o clima pode ser negligenciável, já o impacto sobre o microclima local é mais perceptível. Correlacionar o microclima em diferentes espaçamentos de espécies plantadas com o aporte de biomassa pode ser ferramenta importante para informações indiretas do incremento de biomassa.

Diversos são os trabalhos sobre biomassa florestal, sendo que nos últimos anos a Amazônia vem sendo alvo de grandes estudos sobre a biomassa da floresta nativa e em alguns casos de algumas florestas plantadas. O presente trabalho se refere ao estudo da biomassa em plantio homogêneo de *Tachigali vulgaris* tendo como nome comum

Tachi-branco, o qual é uma leguminosa arbórea micotrófica nativa da região amazônica que apresenta alto potencial de crescimento, e vem sendo recomendada para reflorestamentos em áreas degradadas, para produção de madeira com fins energéticos (carvão vegetal) ou na produção de laminado, e etc., podendo ser explorado por vários produtores e empresas do setor florestal, gerando renda e empregos diretos e indiretos (LORENZI, 1998).

1.1 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo desenvolver e ajustar equações alométricas para quantificação da biomassa aérea, bem como quantificar o total de carbono estocado, em um plantio homogêneo de Tachi-branco, em diferentes espaçamentos, correlacionando-os com variações micrometeorológicas.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Quantificar o teor de carbono estocado no plantio de Tachi-branco assim como determinar o teor de umidade nos diversos compartimentos das árvores: folhas, galhos e troncos em diferentes espaçamentos;
- Determinar equações alométricas, utilizando o método destrutivo, para determinação da biomassa aérea e porcentagem de carbono em plantios homogêneos da Tachi-branco;
- Estudar a variação micrometeorológica, em diferentes espaçamentos no plantio de Tachi-branco associado ao incremento de biomassa aéreo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Biomassa e Sequestro de carbono em plantios florestais

A retirada do gás carbônico (CO₂) atmosférico pode se dar de várias formas: as que dependem exclusivamente da ação humana, formas estas que evoluem segundo a tecnologia disponível, e as que fazem parte do ciclo natural do carbono. O que será apresentado neste trabalho refere-se à mitigação biológica, ou seja, à forma natural de sequestrar o CO₂ pelos vegetais através da fotossíntese, cujo processo permite fixar o carbono em forma de matéria lenhosa, raízes e folhas nas plantas. O sequestro de carbono vegetal constitui o processo de crescimento e reprodução das plantas. Quanto maior é o porte das plantas, mais biomassa se acumula, e conseqüentemente mais carbono é fixado (IPCC, 2000). Entre todo o reino vegetal, as florestas proporcionam o mais longo estoque do ciclo do carbono, em forma de madeira e acumulação no solo por alguns dias, ou centenas de anos, antes de retornar à atmosfera através da respiração, decomposição, erosão ou queima.

O sequestro florestal do carbono é o fluxo entre a atmosfera e os ecossistemas terrestres, o que corresponderia à primeira etapa da formação dos combustíveis fósseis, que é a retenção do carbono em formas vivas na superfície da terra. Um estoque que está absorvendo carbono é chamado de sorvedouro (*sink*), e um estoque que estiver liberando carbono é chamado de fonte (*source*). Assim, áreas florestadas são consideradas como sorvedouros de carbono (*carbonsinks*) (TOTTEN, 2000). O conceito de sequestro de carbono consagrou-se na Conferência de Kyoto, em 1997, por se tratar da forma de mitigação de menor custo para reverter o acúmulo de CO₂ na atmosfera na redução do efeito estufa.

Em princípio, o Protocolo de Kyoto chegou a considerar quatro formas de sequestro: a) reflorestamento ou aflorestamento (inclusive de sistemas agroflorestais) para aumentar o sequestro de carbono; b) manejo florestal sustentável, que tanto sequestra carbono quanto reduz emissões; c) conservação e proteção florestal contra desmatamento; e d) substituição do combustível fóssil por biomassa renovável para reduzir as emissões. As primeiras três formas não são permanentes, além de maiores estoques de carbono implicarem riscos também maiores de emissão de CO₂ no futuro, quando as práticas de conservação do carbono cessarem. Somente na opção "d" o sequestro de CO₂ se daria de forma permanente (IPCC, 2001). O acordo em Marrakesh, em 2001, decidiu por excluir a conservação e manejo florestal para Mecanismos de

Desenvolvimento Limpo (MDL) no primeiro período de vigência do Protocolo de Kyoto.

Segundo Martinelli *et al.* (1994) a quantidade em massa do material vegetal vivo disponível em uma floresta é chamado de biomassa, sendo que os componentes da biomassa geralmente podem ser expressos por dois tipos de massa, a verde ou seca. Soares, Paula Neto e Souza, (2011) afirmam que o acúmulo de biomassa é diferente para cada indivíduo, de local para local e em uma mesma planta, sendo portanto que esta variação reflete os diversos fatores ambientais aos quais a planta está sujeita, além dos fatores que são inerentes à planta.

A massa verde se refere ao material fresco amostrado, que contém uma quantidade variável de água, e a massa seca refere-se à biomassa obtida após o material atingir peso constante durante a secagem em estufa (CALDEIRA, 2003). Sanquetta e Balbinot (2004) afirmam que a biomassa quer dizer massa de matéria com origem biológica seja viva ou morta, animal ou vegetal. Já para Odum (1986) a biomassa pode ser definida como a massa orgânica produzida por unidade de área, que pode ser expressa em peso de matéria seca, peso de matéria úmida e peso de carbono. O IPCC define que a fitomassa (biomassa vegetal) deve ser estimada separadamente, considerando os seguintes componentes: (1) viva acima do solo; (2) viva abaixo do solo (raízes maiores que 2 mm) e (3) necromassa, massa morta presente em ecossistemas naturais ou antropizados, sendo os componentes expressos em unidade de peso seco por unidade de área (BROWN, 1997; IPCC, 2006). Nas últimas décadas o estoque de carbono contido na fitomassa tem recebido atenção especial graças aos acordos internacionais como a Quadro de Convenção das Nações Unidas Sobre a Mudança do Clima (UNFCCC) e o Protocolo de Kyoto.

Os estudos da biomassa florestal podem ter diversas finalidades, dentre elas a quantificação do carbono fixado em uma floresta, e podem ser realizados por estimativas ou determinações (SANQUETTA, 2002). Este mesmo autor diferencia a estimativa de determinação, sendo que a primeira pode ser realizada utilizando relações quantitativas ou matemáticas, como por exemplo, as razões ou regressões, sendo que a determinação é caracterizada pela medida real feita diretamente da quantificação da biomassa através de pesagem do material.

Segundo Watzlawick (2003) os estudos de quantificação da biomassa florestal são trabalhosos, demorados e muito onerosos, já que envolvem procedimentos de ida a campo, corte da árvore, separação e pesagem de diferentes partes das árvores, retirada

de amostras, secagem e pesagem em laboratório. Devido a isto, Brites *et al.* (2006) ressaltam a existência de um número pequeno de estudos que determinem a quantidade de biomassa em ecossistemas tropicais. Para Watzlawick *et al.* (2004) esse fato se deve, principalmente, à complexidade destes ecossistemas e do processo de coleta dos dados que é muito trabalhoso.

2.2 Florestas plantadas energéticas e Carbono

O termo "florestas energéticas" é frequentemente usado para as plantações silviculturais com espécies exóticas (por exemplo, o Eucalipto), assim como também para o manejo de florestas nativas. Segundo Fearnside (2008), as plantações silviculturais e manejo de florestas nativas são atividades que apresentam distintos impactos ambientais. Magalhães (1980) revela que o conceito de florestas energéticas foi introduzido na década de 1980, com o intuito de definir as plantações florestais com grande número de árvores por hectare, com finalidade de produzir maior volume de biomassa por área em menor espaço de tempo.

As florestas energéticas, ou florestas com fins energéticos, são aquelas que têm como principal objetivo aumentar a viabilidade da utilização de alternativas energéticas renováveis. Segundo Puentes (2010) o uso da madeira proveniente dessas florestas pode ser usado tanto para a queima direta da lenha quanto para a produção de carvão vegetal, e dessa forma contribuindo para o aumento de alternativas renováveis mais sustentáveis para a geração de energia. O sequestro de carbono pelas florestas é uma alternativa viável para amenizar o agravamento do processo de elevação da temperatura global pelo aumento da emissão dos gases do efeito estufa. Sabe-se que as árvores têm a capacidade de absorção e fixação de carbono em função de cada espécie, da taxa de crescimento, da longevidade, do sítio, e do clima, entre outros (AREVALDO; ALEGRE; VILCAHUAMAN, 2002).

É de comum acordo no âmbito científico mundial que as florestas são importantes para o equilíbrio de carbono global, já que as árvores armazenam no seu caule, folhas e no solo mais carbono do que existe na atmosfera atualmente (FERNANDES; NASCIMENTO; CARVALHO, 2007), sendo importante ressaltar que o carbono encontra-se em maior concentração em uma árvore a partir do caule (madeira), seguido dos galhos e em menor quantidade nas folhas. A estimativa do carbono nas florestas pode ser aferida pela metodologia de determinação em laboratório ou por uma metodologia mais rápida, que é o resultado do produto da biomassa seca por

um fator de concentração de carbono presente nesta massa seca (WINK, 2009). Para obter a estimativa da quantidade de carbono fixado em áreas plantadas, é necessário saber a quantidade de áreas ocupadas por florestas que está diretamente ligado a levantamentos dessas áreas.

No Brasil a maioria das florestas plantadas é formada por *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp., e estão localizadas principalmente em biomas de Mata Atlântica e Cerrado, com grande importância econômica e contribuindo significativamente para as exportações brasileiras. Os plantios florestais estão concentrados em sua maioria nas regiões Sul e Sudeste do país (72,3%), segundo dados da ABRAF (2013), justificando a localização das principais unidades industriais dos segmentos de celulose e papel, siderurgia à carvão vegetal, painéis de madeira industrializada e madeira mecanicamente processada.

Para Müller *et al.* (2005) plantar florestas com a única finalidade de produção de biomassa destinada à energia, como geração de eletricidade, cria uma perspectiva ambiental mais sustentável, quando comparadas com outros tipos de exploração de biomassa energética, uma vez que o sistema de produção contempla o aproveitamento da madeira, desse modo retornando os resíduos culturais (galhos, folhas e ponteiros) para o solo.

2.3 O Tachi-branco

O Tachi-branco (*Tachigali vulgaris*) é uma leguminosa arbórea nativa da Amazônia brasileira, a qual ocorre em diversos tipos de solo. Segundo Lima (2004) esta espécie é de porte médio que geralmente alcança posição de dossel superior das florestas secundárias, com altura variando de 8 a 20m e o DAP (diâmetro à altura do peito) entre 30 a 70cm, quando na idade adulta podem atingir até 30m de altura e 100cm de diâmetro. Segundo Lorenzi (2002) esta espécie apresenta folhas alternas, estipuladas, compostas, imparipinadas, com eixo comum (raque + pecíolo) de 15 a 20 cm de comprimento, com copa em formato arredondado não muito denso.

O Tachi-branco é uma planta semidecídua, heliófita, seletiva xerófila, pioneira e normalmente inicia a sucessão secundária em áreas abertas, formando grupos moderadamente densos. Carpanezi, Marques e Kanashiro (1983) afirma que o Tachi-branco tem uma arquitetura similar à dos eucaliptos, quando maciços, apresentando um tronco com dominância apical bem definida, partindo difusamente os ramos não grossos, em ângulos abertos. Segundo Lima (2004) o Tachi-branco apresenta madeira

de boa qualidade para a produção de lenha e carvão. Segundo Carpanezzi, Marques e Kanashiro (1983) o Tachi-branco é uma espécie que reúne amplas características as quais podem ser consideradas promissoras para os plantios energéticos na Amazônia brasileira e regiões limítrofes. Devido ao fato desta planta apresentar características de rusticidade e rápido crescimento, é amplamente recomendada para o reflorestamento homogêneo destinado à recuperação de áreas alteradas (CARVALHO, 1994; LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003).

Assim como outras leguminosas arbóreas, o Tachi-branco apresenta o alto potencial de crescimento, como elevada produção de serrapilheira. Além destas características, a espécie ainda possui uma grande capacidade de fixar nitrogênio atmosférico através da sua associação simbiótica com bactérias pertencentes ao gênero *Rhizobium*, que fixam nitrogênio por meio da conversão de nitrogênio gasoso em amônia, nitrito e nitrato. Desse modo aumentando a disponibilidade desse nutriente para a planta. Vale ressaltar que esta simbiose é importante no aumento da absorção dos nutrientes de pouca mobilidade no solo, como o fósforo, zinco, cobre e amônio, assim como os nutrientes móveis como o potássio, sulfato e nitrato (SOUZA *et al.* 2004), sendo esta característica um excelente potencial desta espécie para a recuperação de áreas degradadas (DIAS; BRIENZA JUNIOR; PEREIRA, 1995; FRANCO, 1996; CAMPELLO, 1998; MOCHIUTTI; QUEIROZ; MELÉM JÚNIOR, 2006).

Em um trabalho realizado no Cerrado Amapaense, foi à única espécie que apresentou adaptação às condições ecológicas do local do experimento, sendo que as árvores tiveram desempenho de crescimento ótimas, em boa forma e excelente vigor, com sobrevivência de 90%, incremento médio anual em altura de $2,2\text{m ano}^{-1}$ e em DAP de $2,9\text{cm ano}^{-1}$ e de $9,1\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de volume (CASTRO *et al.* 1990).

2.4 Crescimento das Árvores

As variáveis dendrométricas como a área basal, diâmetro, altura total, altura da base da copa, volume total ou parcial, biomassa, sofrem diversas alterações com o avanço da idade, bem como, com o aumento das atividades fisiológica da planta e estão sujeitas a algumas tendências de crescimento em função do espaçamento (LEITE; NOGUEIRA; MOREIRA, 2006). Para Mora (1986) existe uma gama de respostas para o desenvolvimento destas variáveis, que podem ser negativas ou positivas e variam de espécie para espécie, todas em função do espaçamento do plantio.

O crescimento das árvores se dá pelo aumento da elongação e da espessura das raízes, troncos e galhos, provocando diversas mudanças em termos de tamanho e forma. A elongação, ou seja, o crescimento linear de todas as partes da árvore é o resultado da atividade do meristema primário, enquanto que o crescimento em diâmetro é a resposta da atividade do meristema secundário ou câmbio (HUSCH; MILLER; BEERS, 1982). Segundo Lima (2010) este crescimento é fortemente influenciado pelo espaço vital e não é igual ao longo de todo o fuste. Em uma plantação florestal o crescimento em altura das árvores é influenciado diretamente por vários fatores, dentre os quais estão: fatores genéticos da espécie interagindo com o meio ambiente, fatores climáticos, solo, topografia e competição (ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005). Outro fator que influencia o crescimento em altura e diâmetro, principalmente em plantios homogêneos, é o espaçamento entre árvores (SCOLFORO, 1998). Hosokawa, Moura e Cunha (1998) revela que o estudo do crescimento possibilita conhecer o potencial de produção florestal, e a partir deste estudo tomar melhores decisões tanto na produção biológica como na produção econômica. O conhecimento apropriado do comportamento de cada variável dendrométrica é de suma importância para definir estratégias de manejo, sejam sob a silvicultura, economia, ambiental e/ou social que servem tanto para as florestas plantadas como para as florestas nativas (MORAIS FILHO *et al.* 2003).

Segundo Coelho (2010) o diâmetro das árvores aumenta significativamente até no momento que os indivíduos começam a competir entre si. Nesse sentido, o crescimento em diâmetro de uma determinada árvore, se dá pela influência da silvicultura aplicada e, concretamente, o manejo da densidade da massa, pois está se regula mediante as operações de desbastes (COSTA, 2008). Assim, as baixas densidades de plantio favorecem o crescimento em diâmetro das árvores, pois diminuem a competição entre os indivíduos (DIEGUEZ-ARANDA *et al.* 2003).

Através da gema apical ou terminal, conduzida pela divisão celular, é que se dá o crescimento em altura. Segundo Encinas, Silva e Pinto (2005) este crescimento também é chamado de primário, sendo considerado por Campos, Trevizol Júnior e Paula Neto (1985) e Finger (1992) uma variável dendrométrica de grande importância, principalmente quando combinadas com o diâmetro, o volume de madeira e seus componentes. Conhecer a medida da altura também é necessário para a interpretação do processo de crescimento e incremento volumétrico, sendo que esta medida fornece importante subsídio à classificação de sítios (CAMPOS; TREVIZOL JÚNIOR; PAULA NETO, 1985). Golfari (1971) revela ainda que a altura é um importante índice

orientador, quando se considera que o incremento não está, dentro de certos limites, influenciado pela densidade do povoamento.

2.5 Fatores que afetam o crescimento florestal

Segundo Schneider; Finger (1993) para tomar conhecimento sobre o crescimento florestal é necessário saber quais os fatores que o afetam, entre eles estão a luz, temperatura, água, nutrientes, CO₂ e a concentração de clorofila. Em relação ao espaçamento, Simões, Brandi e Malinovsky, (1976) informa que o espaçamento afeta a formação das florestas, os tratamentos culturais, a qualidade da madeira, a colheita florestal e, conseqüentemente, os custos da produção.

2.5.1 Radiação da luz

A luz é um dos fatores ambientais que exerce maior influência sobre todos os estágios de desenvolvimento da planta, e em cada fase existe um ponto de saturação (WHATLHEY; WHATLEY, 1982). O espaçamento está ligado diretamente ao fator luz, pois quando o espaçamento é menos amplo a concorrência por luz é maior. Larcher (2000) informa que para a planta a radiação solar não é meramente uma fonte de energia, mas também um estímulo que governa e condiciona o seu desenvolvimento, podendo funcionar como um fator estressante. A radiação solar controla muitos processos de desenvolvimento como, por exemplo, a germinação, o crescimento direcionado e a forma externa da planta. Segundo Kozlowski, Kramer e Pallardy, (1991) a intensidade da luz interfere diretamente no crescimento vegetativo, pois exerce efeitos diretos na fotossíntese, na abertura estomática e na síntese da clorofila.

Segundo Givnish (1988) as plantas cultivadas sob elevados níveis de luminosidade possuem diversas características em comum, quando comparadas às plantas cultivadas sobre a sombra, por exemplo: Menor área foliar, maior alocação de biomassa para as raízes, aumento da espessura foliar e Menor área foliar específica, maiores teores de clorofila por área foliar, maiores razões entre clorofilas *a* e *b* e maior densidade estomática.

Salisbury e Ross (1992) descrevem que os processos de desenvolvimento vegetal estão relacionados intimamente entre si, tanto por sua importância na produção de fotossintatos, como por representarem um sinal seguro, portanto garantindo a planta a preparação necessária para enfrentar condições adversas. Nesse sentido, Pompa e

Yanes (1976) afirmam que a luz é um dos fatores ambientais mais críticos, quando se trata do êxito na sobrevivência e crescimento de alguns indivíduos de certas espécies em relação a outras, sendo a competição por luminosidade de fundamental importância para o crescimento e a sobrevivência das espécies.

2.5.2 Espaçamento

Silva e Ferreira (2013) afirmam que o espaçamento é provavelmente uma das variáveis mais importantes para a qualidade e produtividade de madeira produzida. Indo nesta mesma direção, Chies (2005) revela que a escolha do espaçamento tem como objetivo principal proporcionar para cada árvore o espaço suficiente para obter o máximo crescimento com melhor qualidade e menor custo. Neste sentido, a primeira prática silvicultural a ser adotada é a decisão sobre o espaçamento, pois este poderá vir a influenciar as futuras propriedades da árvore (KRONKA; BERTOLANI; PONCE, 2005; LIMA, 2010). Segundo Scolforo (1998) quando se tem um povoamento denso, ou seja, quando o espaçamento entre as árvores é reduzido, são inúmeras as consequências, dentre elas o retardamento do crescimento e do desenvolvimento da planta, comprometimento do desenvolvimento radicial e da copa, conseqüentemente afetando diretamente na produção de madeira em termos de qualidade e a quantidade.

A recomendação sobre o espaçamento não deve ser generalizada, sendo necessário também levar em consideração as características da espécie, a qualidade do sítio, o objetivo do manejo, assim como as condições de mercado e os métodos de colheita da madeira (BOTELHO, 1998). Para Clutter *et al.* (1983) dentro de certos limites, quanto maior a quantidade de espaço disponível para cada planta, maior e mais rápido será o seu crescimento, sendo que algumas vantagens foram descritas por Guimarães (1957) sobre a utilização de espaçamentos mais amplos:

- As árvores apresentam maior desenvolvimento individual, permitindo sua utilização para fins mais nobres;
- Maior facilidade de mecanização de várias operações após o plantio;
- Redução da taxa de mortalidade;
- Menor proporção de árvores dominadas;

Espaçamentos maiores tem menor produção do volume total de madeira, mas são de melhor qualidade, baseada em diâmetros maiores (BERGER, 2000). Em relação a espaçamentos menores, Fishwick (1976) destaca como vantagens os seguintes fatores:

- Alta produção de volume total em menor tempo;

- Plantios de reposição desnecessários, devido ao número elevado de plantas;
- Rápidos rendimentos financeiros provenientes de desbastes;
- Rápido fechamento do dossel, reduzindo o surgimento de plantas invasoras.

Para Botelho (1998) normalmente as espécies de rápido crescimento juvenil são melhores adaptadas a espaçamentos maiores do que as de crescimento lento. Já Assmann (1970) afirma que do ponto de vista silvicultural, os plantios de menor espaçamento tendem a atingir mais rapidamente a capacidade de suporte do sítio, com a diminuição das dimensões dos produtos obtidos.

2.6 Método direto e indireto para quantificação de biomassa

Sanquetta (2002) informa que existem dois métodos para se estimar a biomassa, os métodos diretos e os indiretos. Quando uma medição real é feita diretamente da biomassa, diz-se que é uma determinação (ex. pesagem de um fuste inteiro por meio de uso de um dinamômetro ou de uma balança), porém quando esta medição não é feita de maneira direta, então são realizadas estimativas através de relações quantitativas ou matemáticas, assim como as razões ou regressões.

O método direto se dá pela derrubada e pesagem de todas as árvores e outros componentes florestais, como os cipós, palmeiras e plântulas que estão dentro das parcelas fixas (HIGUCHI; CARVALHO, 1994; PARRESOL, 1999). Enquanto que o método indireto para estimar a biomassa pode incluir outras três categorias: a) modelos, b) sensoriamento remoto e c) estimativa não destrutiva por equações ou fatores de conversão. Desse modo, os métodos de medição direta são usados para propósitos de pesquisa e para o desenvolvimento das equações de regressão a serem aplicadas posteriormente (GTOS, 2009). A partir dessa metodologia surgem os dados para o ajuste e calibração dos modelos aplicados na estimativa de biomassa (SANQUETTA, 2002). Portanto, a precisão das estimativas depende de outros fatores como a precisão do método direto usado para a determinação da biomassa (VISMARA, 2009).

Para Brown, Gillespie e Lugo, (1989) o método direto não é confiável, pois é baseado em poucas parcelas, pequenas e na maioria das vezes escolhidas tendenciosamente. Segundo Higuchi e Carvalho Jr. (1994) as áreas escolhidas devem ser homogêneas, porém isso não ocorre, pois comumente são escolhidos locais com árvores muito grandes ou pequenas, desse modo, superestimando. Já Gibbs *et al.* (2007) discutem que o método direto é bem acurado para estimar a biomassa local específica,

porém, afirma ser caro assim como demorado e praticamente impossível para análise em grande escala.

Atualmente estão surgindo métodos alternativos e novas abordagens, porém tais métodos atuais são baseados principalmente em dados de inventários florestais, sendo ainda necessária uma amostragem destrutiva, utilizando como procedimento básico a seleção de árvores para a constituição de uma amostra (CAMPOS, 1991; SOMOGYI *et al.* 2007).

Existem duas grandes categorias para enquadrar a escala de determinação da biomassa: método da parcela e método da árvore individual, sendo que no primeiro caso, uma determinada unidade de área é predefinida e toda a biomassa contida ali é determinada, já no segundo caso se escolhem árvores por meio de amostragem para realizar as determinações diretas de biomassa (HIGUCHI; CARVALHO JR., 1994; SANQUETTA, 2002).

2.7 Alometria

Segundo Niklas (1994) alometria é composta das palavras de origem em grego *allos* (outra) e *metron* (medida), sendo que Gayon (2000) informa que desde o fim do século XIX pesquisadores publicam artigos relacionando o crescimento de parte do organismo, mas o termo alometria só foi utilizado pela primeira vez por Huxley e Teissier (1936), pretendendo padronizar os conceitos e termos utilizados em estudos de associação de crescimento de partes do organismo. Begon, Harper e Townsend, (1996) afirma que uma relação é dita alométrica quando uma característica física ou fisiológica sofre variação em relação ao tamanho do organismo, desse modo apresentando importância significativa nos estudos de comparação e história de vida das espécies. Já Gayon (2000) dá um significado amplo para alometria, afirmando em seu trabalho que as mudanças em dimensões relativas das partes de um organismo são correlacionadas com as mudanças no tamanho total.

Em um estudo feito por Böhme (2000) a alometria é a ciência que estuda a proporcionalidade corporal e ainda investiga se o crescimento de uma parte do organismo está relacionado com o crescimento da outra parte. Higuchi, Lima e Teixeira, (2006) diz que o estudo da alometria se dá pelas variações das formas e dos processos dos organismos, possuindo dois significados: o crescimento de uma parte do organismo

em relação ao crescimento do organismo inteiro ou de parte dele, e o estudo das consequências do tamanho sobre as formas e os processos. Para Bond, Honig e Maze, (1999) o estudo da alometria de plantas é importante para a compreensão de aspectos ecológicos e evolutivos, sendo que os modelos gerados a partir dos estudos da alometria podem originar ferramentas poderosas de previsão em relação a ecologia. Para entender melhor a estrutura e dinâmica das florestas é de suma importância o estudo da relação entre o tamanho e a forma das árvores (KING, 1996; SPOSITO; SANTOS, 2001).

Diversas características morfológicas e de desenvolvimento das distintas partes de um indivíduo podem variar dependendo da sua estrutura específica, do microambiente e também do grau de restrição ecológica onde o indivíduo iniciou a sua fase de crescimento (KOHYAMA, 1987; KING, 1996; CORNELISSEN, 1999; DALLING, LOVELOCK; HUBBELL, 1999; NISHIMURA; SUZUKI, 2001; WRIGHT; WESTOBY, 2001). De acordo com a espécie estudada, essas relações também podem variar (KOHYAMA, 1987; NIKLAS, 1994; BOND; HONIG; MAZE, 1999; CORNELISSEN, 1999; KIDSON; WESTOBY, 2000; SPOSITO; SANTOS 2001; STERCK; BONGERS, 2001; ALVES; SANTOS, 2002) assim como a fase de desenvolvimento em que a planta se encontra, devido às transformações mecânicas que os indivíduos sofrem ao longo do seu crescimento (NIKLAS, 1994; STERCK; BONGERS, 2001; ALVES; SANTOS, 2002). Desse modo, não se deve considerar somente as condições do presente, mas sim o resultado dos fatores genéticos e ambientais que atuaram nos seu crescimento, desde o estágio de plântula até a vida adulta (ARCHIBALD; BOND, 2003). As chamadas equações alométricas são modelos matemáticos provenientes de análises de regressão, são consideravelmente utilizadas por meio indireto de se estimar o volume madeireiro e a biomassa florestal de uma área (HIGUCHI; RAMM, 1985; WEAVER; GILLESPIE, 1992)

2.8 Modelos de regressão

Os modelos matemáticos de regressão podem ser lineares ou não lineares, sendo que os modelos lineares são aqueles cujos coeficientes apresentam-se na forma aditiva ou subtrativa e elevada ao expoente unitário (DRAPER; SMITH, 1981). A regressão descreve o relacionamento linear entre uma variável dependente (Y) e uma ou mais variáveis independentes (X).

O DAP é uma variável que tem demonstrado, em qualquer situação ou bioma, correlação positiva e significativa com o peso total da árvore. Segundo Loetsch, Zohrer e Haller (1973) a altura total é uma variável que caracteriza o sítio em que uma floresta se desenvolve, sendo a altura comercial o comprimento do tronco que vai da base até a primeira inserção significativa de galhos.

Segundo Guimarães (2001) o ajuste de um modelo matemático de regressão se dá quando os coeficientes da equação melhor se ajustam ao comportamento do conjunto de dados obtidos experimentalmente. Finger (1992) diz que o ajuste dos modelos lineares de regressão pode ser feito pelo método dos mínimos quadrados, o qual garante que o erro cometido ao substituir os dados reais por dados estimados seja mínimo. Diversos modelos de regressão podem ser ajustados para um conjunto de dados e a escolha da melhor equação deve ser baseada em critérios estatísticos, como o maior coeficiente de determinação (R^2), menor erro padrão da estimativa (S_{yx}), distribuição dos resíduos e o teste F (SCHNEIDER, 1997; BAYER *et al.* 2009).

O R^2 é um indicador de regressão que expressa a quantidade de variação total, desse modo seleciona-se a equação que apresenta maior R^2 . O S_{yx} , assim como o R^2 e a distribuição dos resíduos, é um indicador da regressão, representa a dispersão entre os valores observados e estimados, sendo desejável que ele tenha o menor valor. A distribuição dos resíduos é apresentada graficamente entre a variável dependente estimada e observada, permitindo observar possíveis tendências no ajuste ao longo da linha de regressão, sendo os resíduos calculados como a diferença entre a variável dependente observada e a estimada (MACHADO *et al.* 2008). O teste F mostra quanto o modelo ajustado representa a relação entre a variável dependente e as variáveis independentes, sendo que são preferíveis modelos com *estatística F elevada* (DRAPER; SMITH, 1981; SCHNEIDER, 1997).

As equações alométricas são resultantes de modelos alométricos, sendo que determinar o melhor modelo a ser utilizado é de fundamental importância para gerar dados mais confiáveis em relação à área estudada. Araújo, Higuchi e Carvalho (1999) realizou sua pesquisa em uma área no Estado do Pará onde testaram quatorze modelos alométricos, encontrando como melhor modelo um não logarítmico com duas variáveis independentes (DAP e altura total). Em uma área no Estado do Amazonas próximo a Manaus, Santos (1996) testou onze modelos lineares e seis não lineares, sendo que os modelos que proporcionaram melhores resultados foram os lineares e os logarítmicos. O autor ressalta que as equações por ele proposta ou descrita na literatura podem ser

aplicadas em outros tipos florestais da região amazônica, desde que sejam validadas e tenham a confiabilidade comprovada.

2.9 Microclima

O microclima ou ecoclima refere-se ao clima na escala e no nível do organismo (ACIESP, 1997). Ao longo do perfil vertical da floresta, observa-se a alteração da temperatura, da umidade do ar e da luminosidade. Em primeiro lugar o microclima de uma floresta é caracterizado pela modificação sofrida na luz que penetra através do dossel. Em áreas com folhosas a luz sofre maior absorção seletiva, lhe dando uma tonalidade amarelo esverdeada quando as árvores estão com folhas (DAJOZ, 1978).

Whatley e Whatley (1982) afirmam que o melhor desenvolvimento das camadas baixas de vegetação se dá pela maior quantidade de luz que incide sobre os níveis mais baixos, são inclusos nestes níveis, além dos arbustos e ervas, as plântulas e árvores novas as quais são sucessoras potenciais dos membros do dossel superior. Principalmente em florestas densas, as brechas de luz são importantes fontes de iluminação para as plantas das camadas inferiores. A área foliar influencia de maneira inversamente proporcional a energia do sub-bosque, pois quanto maior a área foliar menor será a energia que chega ao sub-bosque. Spurre e Barnes (1980) afirmam que somente uma pequena parte da luz incidente chega ao piso de um bosque denso. A iluminação relativa pode chegar a ser tão alta como de 50,0 a 80,0% da luz solar total, nas folhas de árvores caducas e que estejam sem folhas, indo de 10,0 a 15,0% em florestas de Pinus, 1,0 a 5,0%, sob folhosas temperadas, enquanto que sob florestas tropicais pluviais pode ficar entre 0,3 e 2,0%.

Para Whatley e Whatley (1982) uma parte da radiação solar que chega até o dossel florestal é refletida de volta para o céu aberto, outra parte é absorvida pelas copas para posteriormente ser transmitida para o interior da floresta no formato de ondas longas e, finalmente, a última etapa penetra diretamente na floresta. Segundo Andrae (1978) a avaliação da intensidade de luz poderia ser feita em números absolutos (LUX), no entanto existem, dentro de um mesmo povoamento, amplas variações de sombreamento durante o caminho do sol ao longo do dia e/ou devido ao vento que movimentam as folhas diferindo suas posições, e desse modo causando flutuações. E mesmo a céu aberto, a intensidade de luz está sujeita a variações contínuas, devido as diferentes densidades de nuvens, o que dificulta a definição da luminosidade em termos

absolutos. Por isso, este mesmo autor recomenda que a luminosidade numa floresta seja avaliada como fração de intensidade de luz do sol disponível a céu aberto, que é chamada de Intensidade Luminosa Relativa (IRL).

O calor florestal exerce um papel de suma importância sobre a vida das plantas, pois influencia no seu crescimento, fisiologia e fenologia. Jacobs (1988) afirma que a temperatura no interior de uma floresta tropical pode ter uma variação de 7 a 10°C, menor do que fora dela, sendo que tal afirmação possui uma grande importância biológica. Já Ashton (1992) salienta que medições de temperatura em dias isolados caracterizam diferenças gerais no microclima entre sítios, mas que isto não determina a amplitude das variações anuais.

Como exemplo, Schumacher (1992) determinou a temperatura do ar, a 1,5m de altura, em plantações de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. grandis* Hill ex Maiden, *E. torelliana* F. Muell), onde utilizou termômetros de máxima e mínima. A captura de dados foi realizada entre as 07:00 h até as 19:00 h, com intervalos de uma hora, totalizando 13 leituras em cada talhão. O período de realização das medições se deu em uma semana no verão e outra no inverno. O mesmo autor realizou medições de radiação global dentro e fora dos povoamentos, nos horários de 09:00, 12:00 e 15:00 h. O *E. camaldulensis*, pela sua característica de obter ramos pendentes e com a copa menos densa, foi o que interceptou as menores quantidades de radiação solar global, e apresentou as maiores temperaturas do ar, tanto no verão quanto no inverno.

A remoção do dossel florestal pelo corte pode alterar dramaticamente os níveis de umidade do solo, pois a umidade altera as propriedades térmicas do solo, isto é, solos secos não são bons condutores de calor. Com o aumento da evaporação, ocorre à perda de umidade, e esta perda depende da densidade do dossel e da quantidade e padrão de distribuição da precipitação (PRITCHETT; WELLS, 1978).

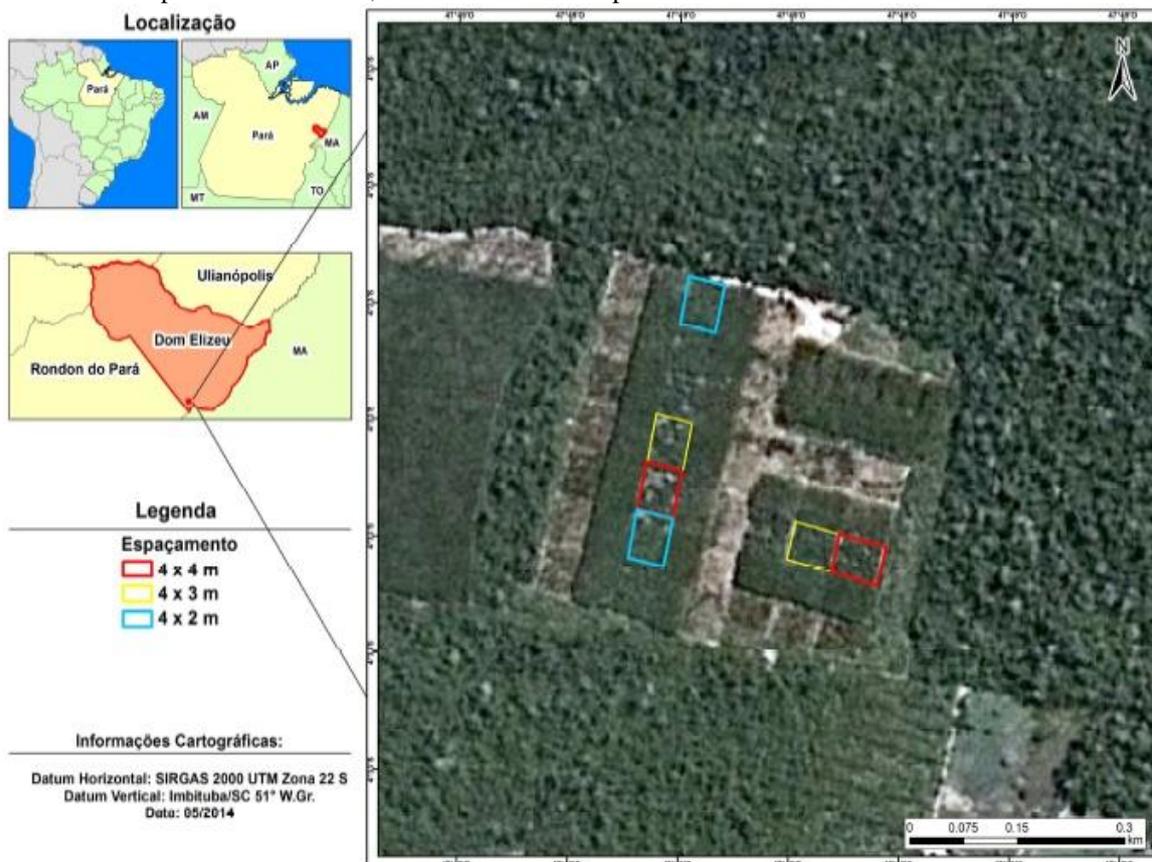
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

3.1.1 Localização da área

O presente estudo foi realizado em plantios homogêneos de *Tachigali vulgaris* (Tachi-branco), com sete anos e meio de idade, em uma área experimental do projeto FLORESTAR (*Testes com espécies florestais em plantios homogêneos e em sistemas consorciados para uso madeireiro, energético e de mercado de créditos de carbono*). A área de estudo se localiza no km 49 da BR-222, (Latitude 04° 33' 10" S e Longitude 47° 49' 00" O), pertencente ao Sr. Marco Antonio Siviero. CEPROF: 2876, no município de Dom Eliseu, Pará. A área experimental possui 749ha, a uma altitude média de 180m, sendo 30ha destinados para o experimento (Figura 1).

Figura 1- Localização da área experimental na fazenda Gênese no município de Dom Eliseu, no estado do Pará, sendo as áreas em vermelho as parcelas de Tachi-branco com espaçamento de 4mx4m, as áreas em amarelo as parcelas de 4mx3m, e as áreas em azul as parcelas de 4mx2m.



Fonte: Adaptado de Narducci (2014).

3.1.2 Vegetação

A vegetação predominante da área experimental antes do plantio era caracterizada como Floresta Tropical Úmida explorada com manejo de alta intensidade. Segundo Sousa (2011) em outubro de 2005 tal vegetação foi cortada para o uso da madeira, e o restante da vegetação foi empilhada com tratores e queimada, portanto a área do plantio se encontrava em solo desprovido de vegetação no momento do plantio.

3.1.3 Clima

De acordo com a classificação o clima é do tipo *Aw* (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007), caracterizado como tropical úmido com período significativo de seca (entre junho a novembro). A temperatura média anual está em torno de 25°C e as mínimas em cerca de 20°C.

A precipitação média anual é cerca de 2.250 mm a 2.500 mm, em que 80% desta precipitação ocorre entre os meses de janeiro a junho, implicando grandes excedentes hídricos e, conseqüentemente, grandes escoamentos superficiais e aumento das cotas dos rios. A umidade relativa do ar em média fica em torno de 85% (PARÁ, 2013).

3.1.4 Solos

Os solos existentes no Município incluem o Latossolo Amarelo Distrófico, textura muito argilosa, com concrecionário Laterítico. A Tabela 1 descreve a composição química do solo (SOUSA, 2011).

Tabela 1- Descrição do solo da área experimental da Fazenda Gênese, no município de Dom Eliseu, Para.

Horizonte	Descrição
O - liteira (0 - 2 cm)	Constituído de folhas e galhos decompostos e em decomposição
A (0 - 9 cm)	Cinza brunado claro (10 YR 6/2, úmido); argila pesada; moderada, pequena e média subangular e pequena granular; friável, muito plástico e muito pegajoso; transição plana e difusa
AB (9 - 22 cm)	Bruno muito pálido (10YR 7/4, úmido); argila pesada; moderada pequena e média subangular e granular; friável, muito plástico e muito pegajoso; transição plana e difusa
BA (22 - 40 cm)	Amarelo brunado (10YR 6/6, úmido); argila pesada; fraca a moderada pequena e média subangular e pequena granular; pouca e fraca serosidade; friável, muito plástico e muito pegajoso; transição plana e difusa
B _{w1} (40 - 70 cm)	Amarelo (10 YR 7/6, úmido); argila pesada; moderada pequena e média subangular e pequena granular; pouca e fraca serosidade; friável, muito plástico e muito pegajoso; transição plana e difusa
B _{w2} (70 - 110 cm)	Amarelo (10 YR 7/8, úmido); argila pesada; moderada pequena e média subangular e pequena granular; pouca e fraca serosidade; friável muito plástico e muito pegajoso; transição plana e difusa
B _{w3} (110 - 160 cm +)	Amarelo (10 YR 7/8, úmido); argila pesada; maciça porosa desfazendo-se em fraca, pequena e média subangular; muito friável, muito plástico e muito pegajoso

Fonte: Adaptado de Sousa (2011).

Devido a queima da biomassa da floresta os solos distorcem da classificação dos solos das florestas presentes no mesmo local (Tabela 2). Os solos onde foram alocados os experimentos possuem um elevado pH em comparação a floresta natural, devido a calagem do solo, baixo nível de N, porém em relação a matéria orgânicas (MO) como, P, K, Na e Ca, os níveis eram maiores.

Tabela 2- Análise química do solo, Fazenda Gênese Salém, no município de Dom Eliseu, Pará.

SIS	pH água	N (%)	MO (g/kg)	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	Na (mg/dm ³)	Ca (cmol _e /dm ³)	Ca+Mg (cmol _e /dm ³)	Al (cmol _e /dm ³)	H+Al (cmol _e /dm ³)
H-BI	5,9	0,2	35,1	6,0	70,3	19,3	4,1	5,8	0,2	3,2
H-BII	6,1	0,2	37,3	4,7	58,3	15,3	5,1	6,5	0,2	4,3

H: Sistema homogêneo; B: bloco.
Fonte: Adaptado de Sousa (2011).

3.1.5 Descrição da espécie

De acordo com o sistema de classificação de Cronquist (Linnaea 11:397, 1837), a taxonomia da espécie *Tachigali vulgaris* (SILVA; LIMA, 2007) obedece a seguinte hierarquia:

Divisão: Magnoliophyta (Angiospermae)

Classe: Magnoliopsida (Dicotyledonae)

Ordem: Fabales

Família: Caesalpinaceae (Leguminosae)

Subfamília: Caesalpinioideae

Gênero: *Tachigali*

Espécie: *vulgaris*

3.2 Técnicas para a obtenção da biomassa aérea

Segundo Vismara (2009), a determinação da biomassa pode ser feita através de duas técnicas: a volumétrica e a gravimétrica. São consideradas duas etapas na técnica volumétrica: na primeira, o volume da amostra das árvores derrubadas é determinado pela mensuração do diâmetro no ponto intermediário de secções de um metro, e usando a fórmula de Smalian (ou outras formas de cubagem rigorosa) se obtêm o volume de cada secção do tronco. Quando passa para o segundo estágio, é retirado discos de largura predeterminada, de preferência no ponto intermediário ou na parte mais fina de cada secção do tronco. Em relação ao volume verde, este é determinado pela retirada de um disco como uma subamostra que é deixada para secar com a finalidade de converter o peso verde em peso seco, obtendo desta forma a densidade básica da madeira (LAAR; AKÇA, 2007).

Assim como na técnica volumétrica, a técnica gravimétrica também pode ser realizada em duas etapas: primeiro a pesagem da árvore no campo dividida em todos os compartimentos e, segundo a coleta de amostras para a determinação do teor de umidade, levando estas amostras, devidamente identificadas, para a secagem no laboratório.

3.3 Preparo da área para o plantio

Para o preparo da área experimental foi realizada a derrubada da floresta e a destoca com trator de esteiras com lâmina e amontoa para realizar a queima dos resíduos de biomassa, posteriormente houve uma gradagem com grade niveladora, onde utilizou-se trator de pneus. A área do estudo foi dividida em seis blocos (parcelas) medindo cerca de 50mx60m (3.000 m²), e em cada um deles, o plantio foi realizado utilizando-se os espaçamentos de 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m (Tabela 3).

Tabela 3- Área dos blocos e número de plantas, em cada um dos Espaçamentos.

Espaçamento (m)	Área do bloco (m)	Número de plantas
4x2	50x60m	403
4x3	50x60m	273
4x4	50x60m	208

Fonte: Da autora.

Foram aplicadas nas covas 200g de Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK), na proporção de 10:28:20, antes do plantio das mudas. Após o plantio as adubações de cobertura foram feitas no início e no final do período chuvoso com a mesma proporção (75g de NPK na proporção de 10:28:20). Duas vezes ao ano, no início e no final do período chuvoso, foram realizados os tratos culturais (capina, coroamento, roçagem e desbaste).

3.3.1 Seleção das árvores amostrais

Para atender aos objetivos desta pesquisa, foram selecionadas na área de estudo um total de 54 árvores para quantificação da biomassa pelo método destrutivo. Foram coletadas 18 árvores por espaçamento, sendo 6 árvores para a média do DAP e 6 árvores para cada lado do desvio da média, para o espaçamento 4mx2m a média correspondia a 17±3cm (média ± desvio padrão), a média do espaçamento 4mx3m foi de 18±3cm e para o espaçamento 4mx4m a classe correspondente foi de 19±3 cm, dos quais foram definidas a partir da média das árvores pertencentes as parcelas permanentes de medição, onde todos os indivíduos foram marcados, identificados e monitorados desde o início do seu plantio. Estes indivíduos por sua vez foram preservados caso exista interesse posterior na medição destas parcelas.

Antes de cortar as árvores para medição da biomassa, a altura foi medida com hipsômetro Vertex IV e o diâmetro com uma fita diamétrica (Figura 2), e os dados registrados individualmente em planilha de campo. As variáveis frescas medidas foram: peso total da árvore, peso total do fuste, peso total das folhas, peso total dos galhos,

DAP e altura total e comercial. Cada árvore foi totalmente pesada, após a obtenção do seu peso verde foi retirada uma amostra de cada variável estudada, sendo esta considerada uma árvore amostra.

Figura 2- Medição do DAP das árvores de Tachi branco em povoamento homogêneo da fazenda Gênese Salém, no município de Dom Eliseu (PA)



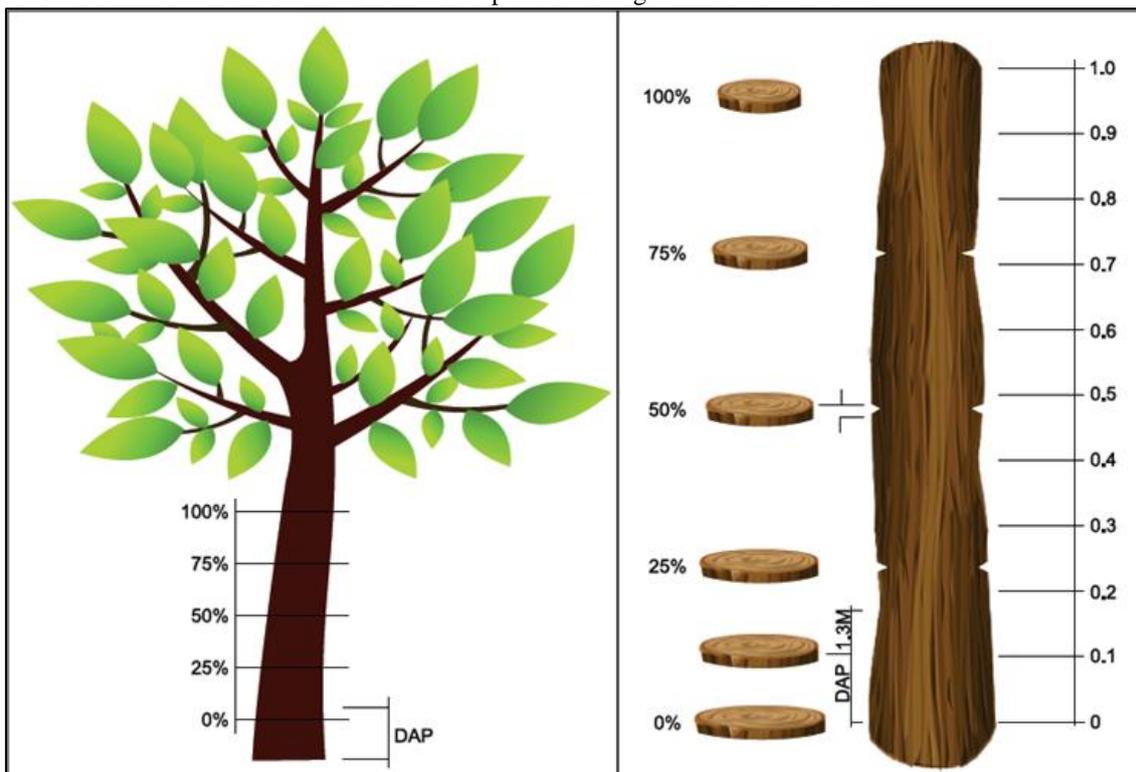
Fonte: Da autora.

3.3.2 Coleta de dados de biomassa

Após a escolha das árvores, para obter o peso de massa fresca, todas as 56 árvores foram abatidas ao nível do solo com o uso de um motosserra. Após o abate, todos os compartimentos das árvores (fuste, galhos e folhas) foram totalmente pesados e posteriormente foram pesadas amostras verdes de folhas, galhos e fuste, devidamente etiquetadas e conduzidas para laboratório. Para o fuste foram retiradas seis amostras de discos de madeira com casca de aproximadamente 5,0cm de espessura para posterior determinação do teor de carbono, umidade e densidade.

O primeiro disco amostra representa a base ou 0% da altura do fuste, em seguida o outro disco representando o diâmetro à altura do peito (DAP), e os demais 25%, 50%, 75% e 100% da altura total do fuste (Figura 3). Cada disco teve seu peso verde e diâmetros medidos no campo com balança com capacidade para 100,0 kg e de precisão de 0,1 kg e fita diamétrica, respectivamente.

Figura 3- Esquema representativo da árvore e do local onde foram retirados os discos para estudo da densidade e volume do tronco das árvores de plantio homogêneo de Tachi-branco.



Fonte: Da autora.

Para o corte do fuste e galhos foi utilizada uma lona sobre o solo e desta forma foi coletada toda a serragem proveniente da lâmina do motosserra, a qual foi posteriormente pesada. Com exceção do toco, e após a retirada das amostras de discos, a árvore inteira foi cortada em pedaços de aproximadamente um metro, e estes foram pesados usando uma balança com capacidade para 100,0 kg.

3.3.3 Amostragem do Tronco

Os discos foram utilizados com o intuito de determinar o teor de umidade, assim como a densidade básica do disco e de cada árvore amostrada (Figura 4). Para a determinação do teor de umidade, o peso seco dos discos foi medido através de secagem em estufa de renovação e circulação forçada de ar a 103°C até peso constante. O teor de umidade foi determinado pela razão entre o peso seco e o peso verde. A biomassa do tronco das árvores com casca, bem como dos galhos e das folhas, foi obtido de acordo com a mesma Equação 1:

$$b_i = m_i[1-(u_i/100)]$$

Equação 1

Onde: i é o índice que se refere às árvores, b_i : é a biomassa de folhas, galhos ou tronco (kg), m_i é peso verde de folhas, galhos, ou tronco (kg), e u_i é o teor de umidade de folhas, galhos ou fuste (%).

Figura 4- Etapas realizadas a campo. A) corte da árvore desde a base do tronco; B) retirada dos discos para as amostras; C) pesagem dos galhos com casca; D) medição dos diâmetros dos discos em diferentes alturas; E) etiquetagem dos troncos e F) identificação das amostras em campo de Tachi-branco na fazenda Gêneseis, em Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora

3.3.4 Amostragem da Copa

Após a derrubada de cada árvore foi realizada a retirada de todas as folhas, os quais foram pesados no campo com balança com capacidade máxima de 100,0 kg, sendo que para o conjunto de folhas foram retiradas amostras aleatoriamente de aproximadamente 0,5 kg e misturada (Figura 5). As amostras foram levadas para laboratório em sacos etiquetados para a determinação da massa seca, após a secagem em estufa de circulação forçada de ar a 75°C até peso constante.

Figura 5- A) Pesagem dos galhos e B) retirada das folhas de Tachi-branco plantado na fazenda Gêneseis, em Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora

Em seguida, os galhos foram separadamente pesados no campo em três compartimentos: base, meio e ponta do galho (Figura 5). Desse conjunto de galhos foram retiradas amostras localizadas em diferentes posições da árvore, formando uma amostra composta de galhos de diferentes diâmetros e a referida posição dentro da copa. Cada amostra de galhos foi acondicionada em saco de papel com capacidade para 5,0 kg, sendo que a quantidade média para os galhos foi de 0,7 kg de peso fresco.

3.3.5 Teor de umidade

As amostras foram pesadas em balança eletrônica, de precisão de 0,5 g, logo após a retirada das árvores. Para obter o teor de umidade, todas as amostras foram levadas à estufa, com ventilação forçada a temperatura de 105 °C, e retiradas somente quando apresentaram peso constante após quatro pesagens consecutivas. O teor de umidade foi obtido segundo a equação a seguir (Equação 2):

$$TU\% = \left(\frac{PV - PS}{PV} \right) * 100 \quad \text{Equação 2}$$

onde: $TU\%$ é o teor de umidade da amostra (%); PS é o peso da amostra seca; PV é o peso da massa verde

3.3.6 Estimativa do estoque de carbono

Para estimativa de estoque de carbono foi utilizado a metodologia de Soares *et al.* (2006), os quais sugeriram a Equação 3 para encontrar a quantidade de carbono a partir do peso seco de uma árvore, na qual multiplica-se o peso seco por 0,5 para obter a

quantidade de carbono estocada. Desse modo foi aplicada essa equação para identificar a quantidade de carbono presente nas árvores de Tachi-branco.

$$EC = PS * 0,5$$

Equação 3

Em que: *EC* é a estimativa de carbono; *OS* é o Peso seco; e 0,5 é porcentagem correspondente ao estoque de carbono

3.4 Modelos testados

Para a obtenção dos coeficientes *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, e *f* dos modelos alométricos selecionados (Tabela 4), foram feitas regressões utilizando como variável dependente o peso seco individuais das árvores em kg, e como variáveis independentes os valores de DAP (cm) e a altura total (m).

Tabela 4- Modelos matemáticos das equações de regressão para estimativa da biomassa de Tachi-branco em plantios homogêneos na fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA), sendo PS o peso seco total, a, b, c e d coeficientes das equações alométricas, DAP é diâmetro da altura do peito, e H a altura total.

EQUAÇÃO	MODELO	AUTOR
1	$PS = a * Dap^b$	Higuchi; Carvalho (1994)
2	$PS = a + b * Dap + c * Dap^2$	
3	$PS = a + b * Dap + c * (Dap^2 * H)$	
4	$PS = a + b * Dap + c * Dap^2 + d * (Dap^2 * H)$	
5	$PS = a + b * Dap^2 + c * (Dap^2 * H)$	
6	$PS = a + b * Dap + c * H$	
7	$PS = a + b * DAP^2 + c * DAP^2 * H + d * DAP * H^2 + e * H^2$	
8	$PS = a + b * Dap + c * Dap^2 + d * (Dap^2 * H) + e * H$	Meyer
9	$PS = a + b * Dap^2 + c * (Dap * H) + d * (Dap^2 * H)$	Meyer (derivada)
10	$PS = \frac{Dap^2}{a + b * 1/H}$	Honner
11	$PS = a * Dap^b * H^c$	Schumacher
12	$PS = a * (Dap^2 * H)^b$	Spurr
13	$PS = a + b * dap$	Berkhout
14	$PS = a + b * dap + c * Dap^2 + d * H$	Hohenadl- Krenn
15	$LnPS = a + b * LnDap$	Husch
16	$LnPS = a + b * LnDap + c * Ln * H$	Schumacher- Hall
17	$PS = a + b * dap^2 + c * (Dap^2 * H) + d * H$	Stoate

Fonte: Da autora.

3.4.1 Análises estatísticas e escolha das melhores equações

Foi realizado o teste de homogeneidade das variâncias *Levene* para testar se as amostras poderiam ser comparadas. E para verificar se existia diferença significativa

entre os teores de água nos diferentes compartimentos das árvores e entre os espaçamentos foi realizada a análise de variância (ANOVA). A escolha das melhores equações para estimativas da biomassa, ajustadas com a base de dados em estudo, foi realizada com base no maior coeficiente de determinação ajustado.

Coeficiente de Determinação (R^2): Este coeficiente indica o quanto o modelo é capaz de explicar os dados coletados para a realização das equações, podendo variar entre 0 a 1. Quanto mais próximo de 1,0 melhor é a absorção da variação dos dados.

3.4.2 Medições do microclima

Na área de estudo foram delimitadas seis locais de amostragem, correspondendo ao centro de cada parcela entre os diferentes espaçamentos descritos acima. Apesar de ser um plantio homogêneo de sete anos e meio, existem diferentes estágios de regeneração devido ao espaçamento entre as árvores. Os pontos amostrais foram sinalizados com fitas vermelhas ao redor das árvores, permitindo a coleta de dados ao longo do período do trabalho (Figura 6).

Figura 6- (A) Identificação das árvores as quais demarcam o centro da parcela, (B) Colocando o aparelho "Datalogger" HoboProV2 para medir a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa (%), plantados na fazenda Genesis Salém, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora

A caracterização climatológica envolveu as variáveis temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%). As medições foram realizadas por sensores tipo HoboProV2 Series datalogger (*Onset Computer, Bourne, Massachusetts, USA*), instalados três metros de altura em relação ao solo. Os aparelhos foram fixados com fio de nylon nos

galhos das árvores a três metros do solo. Foi colocado um sensor no meio de cada espaçamento. Os aparelhos fizeram leituras de 10 em 10 minutos durante o mês inteiro, os quais foram analisados no programa Microsoft Excel, gerando gráficos para melhor compreender a variabilidade da temperatura e umidade relativa dentro de cada tratamento. Os dados microclimáticos foram coletados nos meses de Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro de 2014. Foi realizado o teste de homogeneidade das variâncias *Levene* para testar se as amostras antes da (ANOVA). Para verificar se existia diferença significativa de temperatura e umidade entre os diferentes espaçamentos e os meses foi realizado a análise de variância (ANOVA).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Descrição da estrutura das árvores coletadas

Foram analisadas um total de 54 árvores de Tachi-branco, divididas igualmente para os três espaçamentos 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m, cada um deles está representado por 18 árvores. As árvores amostradas neste estudo tiveram amplitude do diâmetro variando entre 14,6 e 21,82 cm e altura entre 17 e 22,60m.

4.2 Crescimento em Diâmetro

O valor máximo de DAP foi de 21,82 cm no espaçamento 4mx3m e o mínimo no espaçamento 4mx2m com 14,60 cm, este por sua vez obteve maior amplitude de DAP com valor máximo de 21,00 cm e mínimo de 14,60 cm. Já o espaçamento 4mx4m apresentou a menor variação de DAP, com valores máximos de 19,70 cm e mínimo 16,10 cm (Tabela 5).

Tabela 5- Valores de DAP (cm), nas classes máxima, mínimo e média para cada tratamento de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantados na fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).

Espaçamento (m x m)	DAP Máximo	DAP Mínimo	DAP Médio
4x2	21,00	14,60	16,72
4x3	21,82	15,80	17,88
4x4	19,70	16,10	18,31

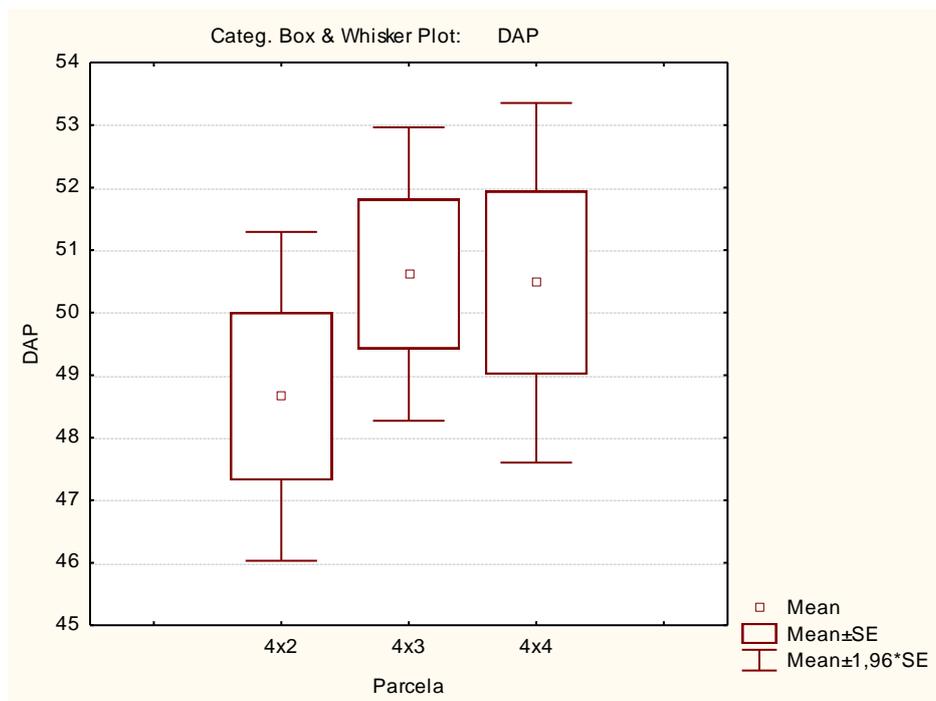
Fonte: Da autora.

Segundo a análise estatística ANOVA, não houve diferença significativa entre o DAP das amostras nos três espaçamentos com significância de 5% ($p = 0,5196$), porém como mostra a Figura 7, o espaçamento 4mx2m apresenta menor valor na média do DAP em relação aos outros espaçamentos, possivelmente explicado pela maior competição de nutrientes e outros fatores que alteram seu crescimento, como luz. A média das árvores com maiores DAP se encontram no espaçamento 4mx4m, corroborando com Leite *et al.* (1997), Castro, Farias Neto e Cavalcante, (1998), Sousa (2011) e Narducci (2014), onde notaram também que nos maiores espaçamentos apresentaram em média os maiores diâmetros das árvores.

Narducci (2014), estudando na mesma área, encontrou diferenças significativas entre os espaçamentos 4mx2m e 4mx3m com significância de 5% ($p = 0,0489$), para o nível de significância de 10% as diferenças foram encontradas nos espaçamentos 4mx2m e 4mx4m ($p = 0,0783$) e não houve diferença significativa entre os

espaçamentos 4mx3m e 4mx4m ($p = 0,9997$). Mesmo a análise sendo realizada na mesma área, os resultados da pesquisa foram distintos possivelmente por se tratarem de árvores diferentes.

Figura 7- Média final de DAP para cada tratamento de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

Sanquetta *et al.* (2003) estudando o crescimento de um plantio de *Pinus taeda* L. aos 12 anos de idade em Jaguariaíva, na região do Norte do Paraná, observaram maiores diâmetros conforme o aumento do espaço vital. Leite, Nogueira e Moreira, (2006) avaliando o efeito do espaçamento e da idade sobre as variáveis de povoamento de *Pinus taeda* L., em Santa Catarina, confirmaram que espaçamentos mais amplos proporcionam diâmetros maiores. Rondon (2002) trabalhando com sete espaçamentos para *Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke, no norte do Mato Grosso, concluiu que os espaçamentos 4mx3m e 4mx4m proporcionaram maiores crescimento em diâmetro.

4.3 Efeito do espaçamento no crescimento em Altura

A altura máxima foi encontrada no espaçamento 4mx2m, apresentando 22,60 m e mínima nos espaçamentos 4mx2m e 4mx4m, com 17,00 m (Tabela 6). O espaçamento

4mx2m apresentou maior amplitude de variação em altura, assim como no DAP, ficando a altura média muito parecida entre os tratamentos.

Estes resultados concordam com os dados levantados na literatura, entretanto, é de se notar a pequena diferença entre o DAP e a altura média entre o espaçamento mais denso (4mx2m) e o menos denso (4mx4m), sendo de apenas 1,59 e 0,44 cm para DAP e altura, respectivamente.

Tabela 6- Valores de altura total (m), nas classes máximo, mínimo e média para cada tratamento de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantados na fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).

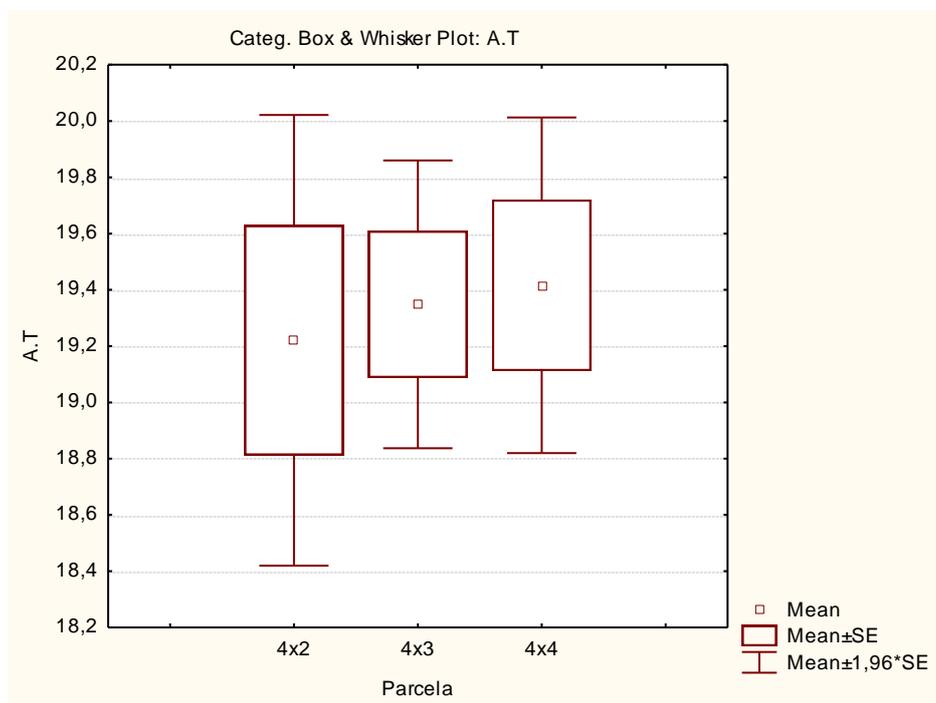
Espaçamento (m x m)	ALT		ALT Média
	Máxima	Mínima	
4x2	22,60	17,00	18,98
4x3	21,30	17,30	19,35
4x4	21,40	17,00	19,42

Fonte: Da autora.

Segundo a análise estatística ANOVA, não houve diferença significativa entre a altura total das amostras nos três espaçamentos com significância de 5% ($p = 0,91381$), a Figura 8, mostra que o espaçamento 4mx2m apresentou maior variação na altura, possivelmente explicado pela competição entre as árvores e pelo local do plantio que fica próximo a uma faixa de floresta primária. Narducci (2014) encontrou valores crescentes com a diminuição do espaçamento. Resultados opostos foram encontrados por Sousa (2001) quando avaliou o crescimento em altura de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby, aos 40 meses de idade na mesma área experimental desde trabalho, o autor observou altura média final maior nos espaçamentos 4mx3m e 4mx3,5m.

Notou-se no presente estudo que o espaço vital realmente não influenciou o crescimento em altura das plantas de Tachi-branco, aos sete anos e meio de idade, com base em dados medidos de forma direta, ou seja, após a derrubada das árvores (trena). Leles *et al.* (1998) estudando plantas de *E. camaldulensis* e *E. pellita* F. Muell não encontraram influência do espaçamento no crescimento em altura das plantas.

Figura 8- Média final da altura total para cada tratamento de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

No estudo realizado por Rondon (2006), no município de Sinop (MT), com a espécie *Tectona grandis* L.f. (Teca) também não foi observado diferenças significativas em relação à altura da planta. Leite, Nogueira e Moreira (2006) estudando o efeito do espaçamento e da idade sobre as variáveis dendrométricas de povoamentos de *Pinus taeda* L. no planalto serrano de Santa Catarina não constataram efeito do espaço vital sobre a altura das árvores de *P. taeda* até os oito anos de idade.

Paiva, Jacovine e Rebeiro (2001) afirma que o espaçamento não afeta o crescimento em altura das plantas, de acordo com estes autores, o melhor espaçamento é aquele que produz maior quantidade de madeira, em todos os sentidos, tamanho, forma e qualidade, associado ao menor custo.

4.4 Estoque de Biomassa, Carbono e teor de umidade da parte aérea das plantas

Efetuando-se a somada biomassa de todos os componentes (folhas, galhos e fuste) obtêm-se o peso da biomassa total por árvore. A Tabela 7 apresenta os valores médios da biomassa total verde, biomassa total seca e conteúdo de carbono por árvore em cada espaçamento estudado. Observa-se que os maiores valores estão presentes no

espaçamento 4mx4m que produziu maior peso médio da biomassa total úmida por árvore com 938,25 kg, maior média de biomassa seca com 562,95 kg e peso médio de carbono por árvore de 281,48 kg. O espaçamento 4mx2m teve menor quantidade de biomassa total úmida, valor equivalente a 788,70kg, menor média de biomassa total seca com 473,22 kg e 236,61 kg de carbono em cada árvore, mostrando que nos espaçamentos menos adensados possuem maior biomassa por árvore.

Tabela 7- Valores médios de Biomassa úmida (kg) e seca (kg) e quantidade média de carbono (kg) por árvore nos espaçamentos 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantados na fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).

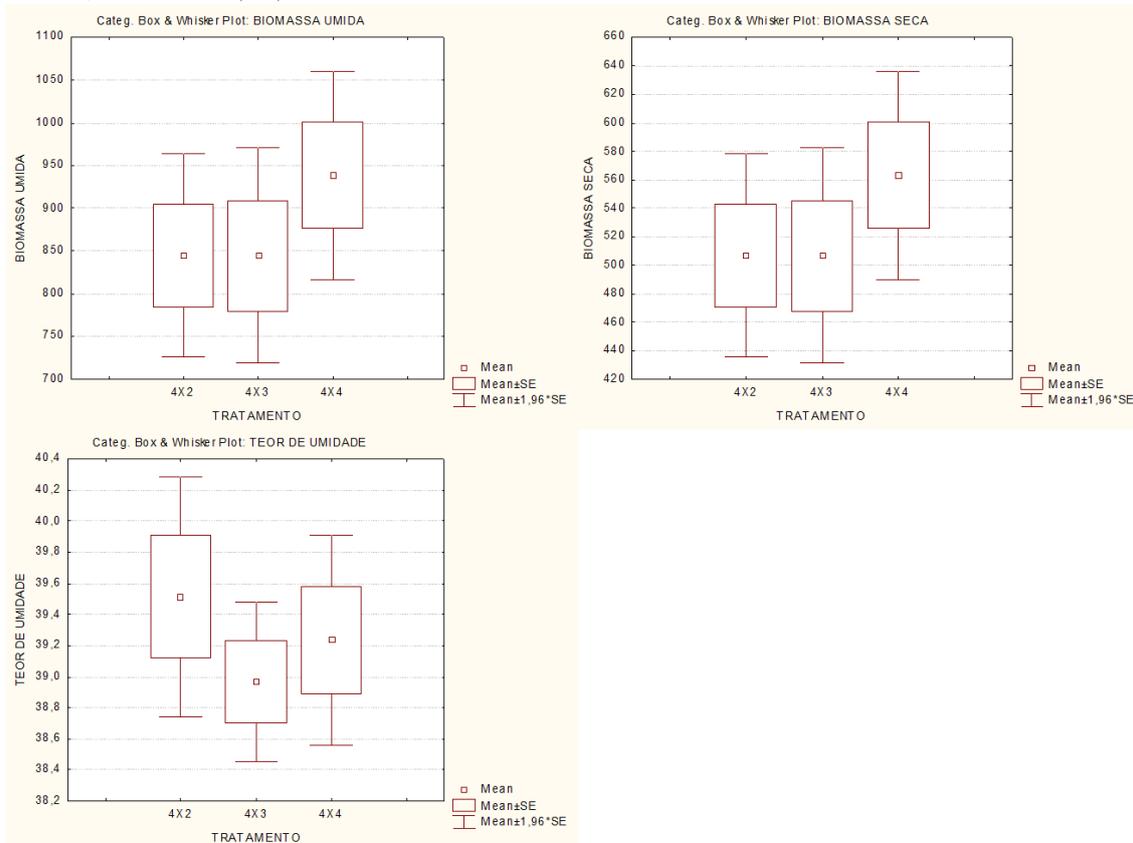
ESPAÇAMENTO (M)	BIOMASSA ÚMIDA (kg árvore⁻¹)	BIOMASSA SECA (kg árvore⁻¹)	CONTEÚDO DE CARBONO (kg árvore⁻¹)
4mx2m	788,70	473,22	236,61
4mx3m	844,54	506,72	253,36
4mx4m	938,25	562,95	281,48

Fonte: Da autora.

Segundo a análise estatística ANOVA, não houve diferença significativa para nenhum dos componentes acima, biomassa úmida ($p = 0,4854$), seca ($p = 0,4755$), carbono e umidade relativa ($p = 0,5216$) nos três espaçamentos com significância de 5%. A Figura 9 mostra que no espaçamento 4mx4m a média da biomassa úmida e seca são maiores que nos espaçamentos 4mx2m e 4mx3m, porém o teor de umidade é maior no espaçamento 4mx2m. Em relação ao carbono é o mesmo resultado da biomassa seca, pois no presente trabalho foi considerado que o carbono é a metade do peso seco.

Segundo Bernardo (1995) a influência de diferentes espaçamentos sobre a produção de biomassa é diferente para cada espécie, para a idade, assim como para a qualidade do sítio. Nos espaçamentos mais densos, existe maior competição entre as plantas resultando na acumulação de biomassa em menor idade que aquela observada em espaçamentos mais amplos.

Figura 9- Média da biomassa úmida (kg árvore^{-1}), seca (kg árvore^{-1}) e teor de umidade (% umidade árvore^{-1}) para cada tratamento de Tachi-branco, com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

4.5 Espaçamento 4mx2m

4.5.1 Biomassa úmida e seca

É possível observar que a maior parte da biomassa úmida está concentrada no fuste, seguida da concentração nos galhos e folhas. Os resultados apresentados foram obtidos calculando-se os valores de média da biomassa úmida e seca para cada compartimento das árvores amostradas, as variações podem ser expressas pelos desvios padrões e pelo coeficiente de variação, já os valores máximos e mínimos apresentados na tabela abaixo dão a ideia da amplitude dos valores de biomassa na espécie.

O peso úmido do fuste variou de 407,20 kg a 829,20 kg, dos galhos a variação foi de 61,00 kg a 354,00 kg, enquanto que a variação do peso úmido para as folhas foi de 16,90 kg a 51,00 kg. O compartimento do fuste apresenta maior variabilidade de dados em relação à média, desse modo seu desvio padrão foi o maior entre os outros compartimentos, porém o coeficiente de variação foi menor, mostrando que o conjunto de dados do fuste é mais homogêneo (Tabela 8).

Tabela 8- Valores médios de biomassa úmida (kg árvore⁻¹) nas classes de compartimentos (Folhas, Galhos e Fuste), seguido de desvio padrão, coeficiente de variação (%), peso Máximo e Mínimo em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).

Biomassa úmida (kg árvore⁻¹)					
Compartimento	Média	Desvio padrão	CV%	Máximo	Mínimo
Folhas	35,11	9,68	27,6	51	16,8
Galhos	163,61	82,78	50,1	354	61
Fuste	578,67	108,81	19,3	829,2	407,2
Total	777,39	201,28	97	1233,2	485,1

Fonte: Da autora.

A tabela 9 apresenta os valores de médias, desvio padrão, coeficiente de variação, valor máximo e mínimo da biomassa seca de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m. A biomassa seca do fuste variou de 244,3 kg a 496,9 kg, para os galhos essa variação foi de 36,6 kg a 212,4 kg, já para as folhas a variação da biomassa seca foi de 10,1 kg até 30,6 kg.

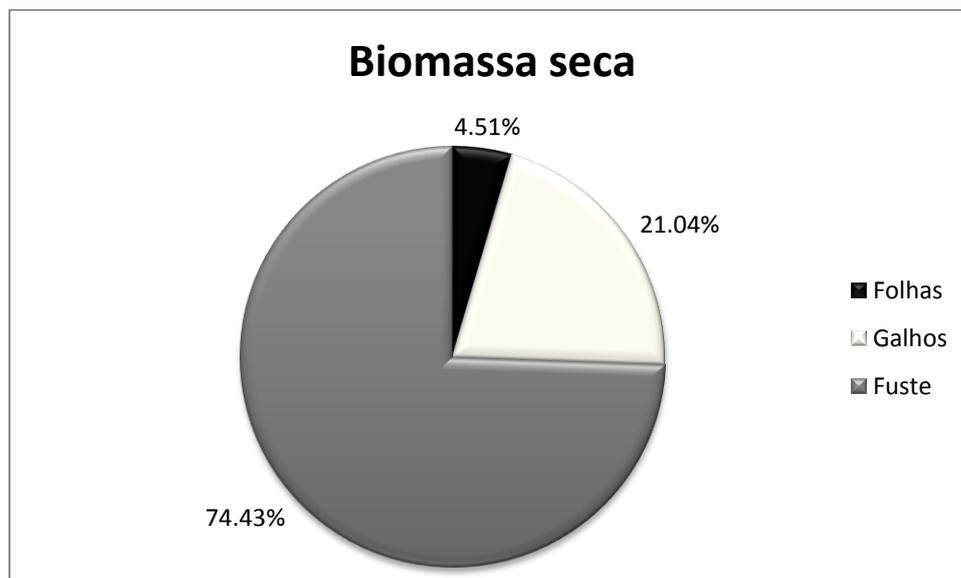
Tabela 9- Valores médios de biomassa seca (kg) nas classes (Folhas, Galhos e Fuste), desvio padrão, coeficiente de variação (%) em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).

Biomassa seca					
Compartimento	Média	Desvio padrão	CV%	Máximo	Mínimo
Folhas	21,1	5,81	27,6	30,6	10,1
Galhos	98,2	49,67	50,1	212,4	36,6
Fuste	347,2	65,28	19,3	496,9	244,3
Total	466,4	120,770	97,0	739,9	291,1

Fonte: Da autora.

A maior concentração de biomassa úmida e seca para Tachi-branco, no espaçamento 4mx2m, se encontra no compartimento madeira da árvore, com peso médio úmido em torno de 605,1 kg e seco 510,9 kg, seguido dos galhos, enquanto que as folhas apresentaram menores valores. Em termos percentuais, a biomassa seca se distribui nas plantas da seguinte forma: aproximadamente 74% no fuste, 21% nos galhos e 5% nas folhas (Figura 10).

Figura 10- Proporção de Biomassa seca (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

De acordo com Abrahamson e Gadgil (1973) a distribuição da biomassa nos diferentes órgãos da planta varia de espécie para espécie, e até mesmo em uma população da mesma espécie, como no presente estudo. Caldeira (1998) acrescenta ainda que essa variação pode ocorrer de acordo com as condições ambientais e por razão variação genéticas das procedências.

Woortmamm (2010) estudando uma vegetação de Campinarana em Manaus (AM), dentro da área experimental de manejo florestal da Estação Experimental do INPA, encontrou resultados parecidos com os do presente trabalho, sendo que a biomassa das folhas representou 4% do peso total, sendo que o material de madeira dividido em galhos finos representaram 21%, galhos grossos 5% e o tronco 70% do peso total da biomassa. Urbano (2007) estudando bracatingais nativos da região Metropolitana de Curitiba, encontrou valores para biomassa seca parecidos com os do presente estudo, cerca de 69,8% para o fuste, 24,6% para os galhos e 5,6% para as folhas. Os dados do presente estudo corroboram com Schumacher e Caldeira (2001), que constataram que a componente madeira do tronco apresentou maior quantidade de biomassa cerca de 69,0% do total da parte aérea da planta.

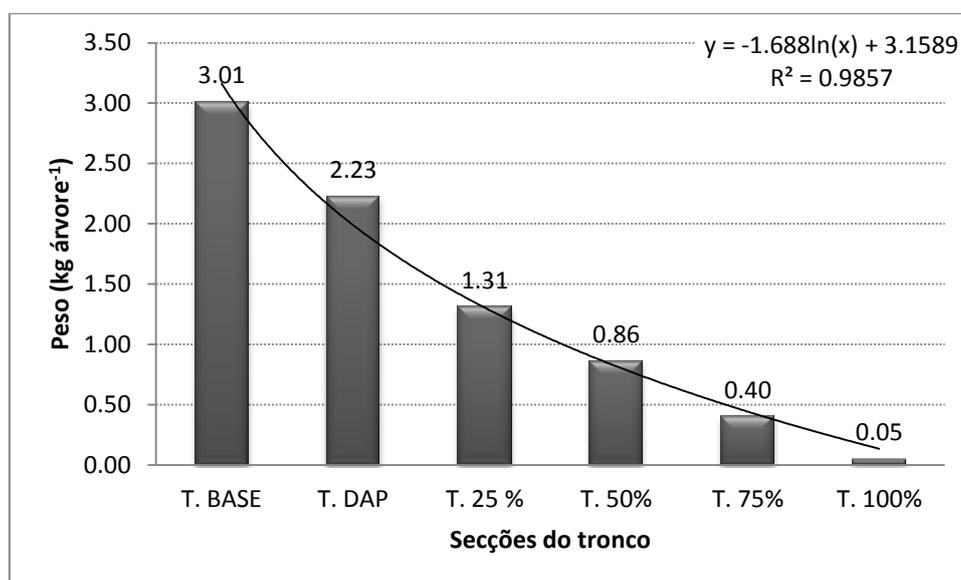
É importante ressaltar que a metodologia utilizada pelos autores citados não foi a mesma aplicada neste trabalho, gerando resultados distintos. Como são escassos os trabalhos referentes ao crescimento, equação alométrica, alocação de biomassa e

carbono, em diferentes espaçamentos, disponíveis na literatura da espécie estudada, optou-se por citar trabalhos de outras espécies.

No presente trabalho, foi possível notar que o tronco concentra a maior parte de biomassa e carbono acima do solo. A Figura 11 mostra a quantidade do teor de biomassa e carbono em todo fuste, utilizando as amostras nas diversas alturas (como descrito na metodologia). Os resultados apresentados foram obtidos através da média do peso de todas as amostras de tronco (BASE, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura total) das 18 árvores de Tachi-branco representando dessa forma a área total do plantio no espaçamento 4mx2m. É importante ressaltar que todas as amostras das árvores, inclusive do tronco foram coletas sob as mesmas condições e idades, não favorecendo nenhuma área em questão. O disco do tronco da base foi aquele que teve maior quantidade de biomassa seca estocada, com aproximadamente 3,0 kg árvore⁻¹, não muito distante o disco do DAP com 2,2 kg árvore⁻¹, em seguida o disco que representa 25% da altura total com 1,3 kg árvore⁻¹, o disco de 50% com 0,9 kg árvore⁻¹, 75% com 0,4 kg árvore⁻¹ e por último o disco que representa 100% da altura total das árvores com peso de 0,05 kg árvore⁻¹.

Observa-se na Figura 11 que os valores médios obtidos para o peso da biomassa seca da madeira de Tachi-branco amostrada apresentam comportamento padrão de distribuição de valores em diferentes posições relativas ao longo do fuste das árvores.

Figura 11- Média do peso de Biomassa seca (kg árvore⁻¹) ao longo do fuste (base do tronco, DAP do tronco, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

Verificou-se que existe uma tendência de diminuição da biomassa seca ao longo do fuste, corroborando com a existência de influência do fator altura sobre a biomassa.

4.5.2 Estoque de Carbono

Os resultados da concentração de carbono das 18 árvores abatidas no espaçamento 4mx2m foram separados em três compartimentos e são apresentados na Tabela 10. Apesar de o fuste apresentar maior desvio padrão (32,6440) devido a sua ampla variedade de dados, foi ele quem apresentou menor coeficiente de variação (18,80%), mostrando que o seu conjunto de dados é mais homogêneo.

Tabela 10- Valores médios de conteúdo de carbono (kg) nas classes estudadas (Folhas, Galhos e Fuste), desvio padrão, coeficiente de variação (%) em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m.

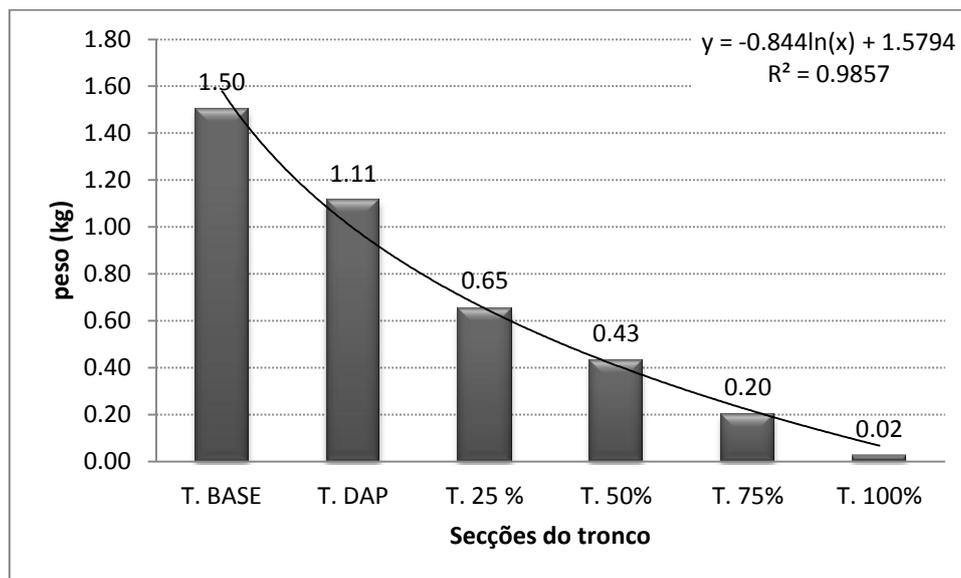
Compartimento	Estoque de Carbono (kg)				
	Média	Desvio padrão	CV%	Máximo	Mínimo
Folhas	10,5	2,90	27,6	15,3	5,1
Galhos	49,1	24,83	50,6	106,2	18,3
Fuste	173,6	32,64	18,8	248,5	122,2
Total	233,2	60,4	97,0	370,0	145,5

Estoque de carbono (kg)= Peso seco (kg) * 0,5

Fonte: Da autora.

De acordo com Kuzyarov e Domanski (2000), o fuste é o compartimento mais representativo em armazenamento de carbono, pois representa o principal reservatório da planta. Em termos percentuais o teor de carbono fica com a mesma proporção da biomassa seca, já que deste foi retirada 50% do peso seco para estimar a quantidade de carbono nos compartimentos da planta está distribuído da seguinte forma: cerca de 74% no fuste, 21% nos galhos e 5% nas folhas. Em relação ao carbono estocado no fuste, este que representa 74% do total armazenado, a Figura 12 ilustra a quantidade de carbono em cada amostra de disco.

Figura 12- Média de peso de Carbono (kg) ao longo do fuste (base do tronco, DAP do tronco, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores Tachi-branco no espaçamento 4mx2m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

4.5.3 Teor de umidade

Após ser realizado o teste de homogeneidade *Levene* nas amostras do espaçamento 4mx2m, foi verificado que os dados são normais, com valor de $F = 1,26$ e $P = 0,29$. Na tabela 11 pode-se verificar os valores de média, desvio padrão, coeficiente de variação, máxima e mínima do teor de umidade nos diferentes compartimentos da planta. As folhas tiveram média de 48,13 % do teor de umidade, em seguida os galhos com 37,47% e posteriormente o tronco com menor representatividade para o teor de umidade com 32,93%. Apesar de a média ser mais alta para as folhas, o seu desvio padrão e o seu coeficiente de variação comprovam que os dados são os mais homogêneos entre si. O fuste por sua vez, apresentou baixo desvio padrão, porém seu coeficiente de variação foi o maior dentre os apresentados na tabela, mostrando que seu conjunto de dados é menos homogêneo que os outros compartimentos.

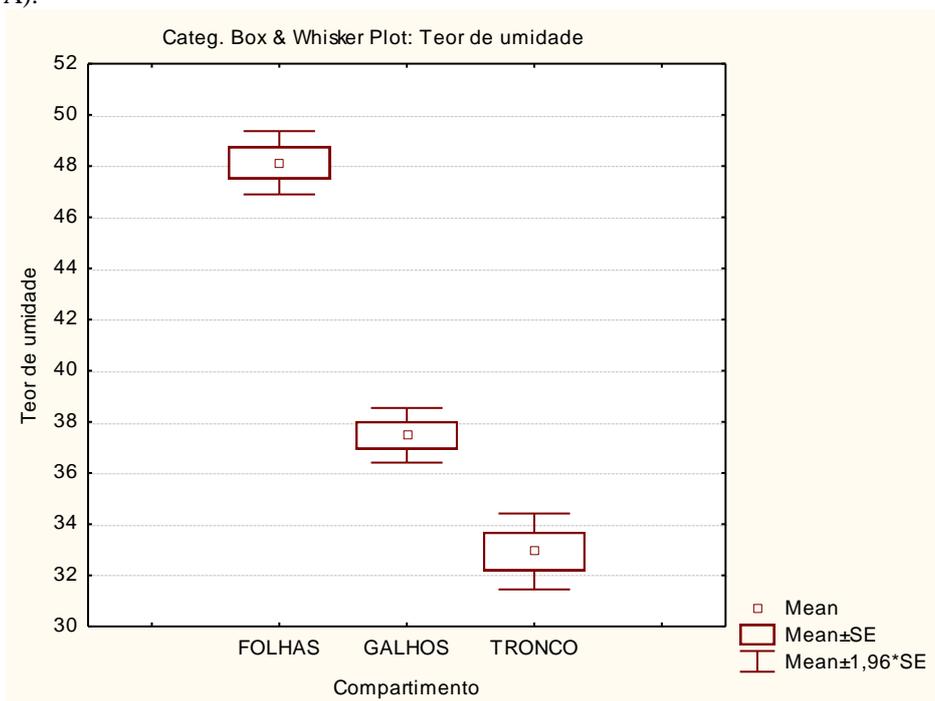
Tabela 11- Valores médios do teor de umidade (%) nas classes (Folhas, Galhos e Fuste), desvio padrão, coeficiente de variação (%), máximo e mínimo em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).

Teor de umidade					
Compartimento	Média	Desvio padrão	CV%	Máximo	Mínimo
Folhas	48,13	2,67	5,56	52,69	43,10
Galhos	37,47	2,31	6,17	41,88	32,20
Fuste	32,93	3,21	9,76	39,00	27,04
Total	39,51	6,97	7,16	44,52	34,11

Fonte: Da autora.

Após o teste ANOVA, foi comprovado que o teor de umidade é diferente significativamente nos diferentes compartimentos da árvore, com o valor de $F = 143,70$ e $P < 0,001$. A figura 13 mostra a média e o desvio padrão do teor de umidade nos diferentes compartimentos da árvore (folhas, galhos e fuste). Utilizando o teste de Tukey para verificar entre qual dos extratos se diferiam entre si, observou-se que os teores de umidade apresentaram diferenças significativas entre folhas e galhos ($p < 0,0001$), folhas e tronco ($p < 0,0001$), e entre galhos e troncos ($p < 0,0001$).

Figura 13- Média e desvio padrão do teor de umidade (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

O valor médio do teor de umidade no espaçamento 4mx2m para todos os compartimentos da árvore (Tabela 12) apresentou maior para as folhas e menor para o tronco e se diferenciando significativamente também dos galhos.

Tabela 12- Teste de Tukey para o Teor de umidade de Tachi-branco nos três compartimentos para o espaçamento 4mx2m.

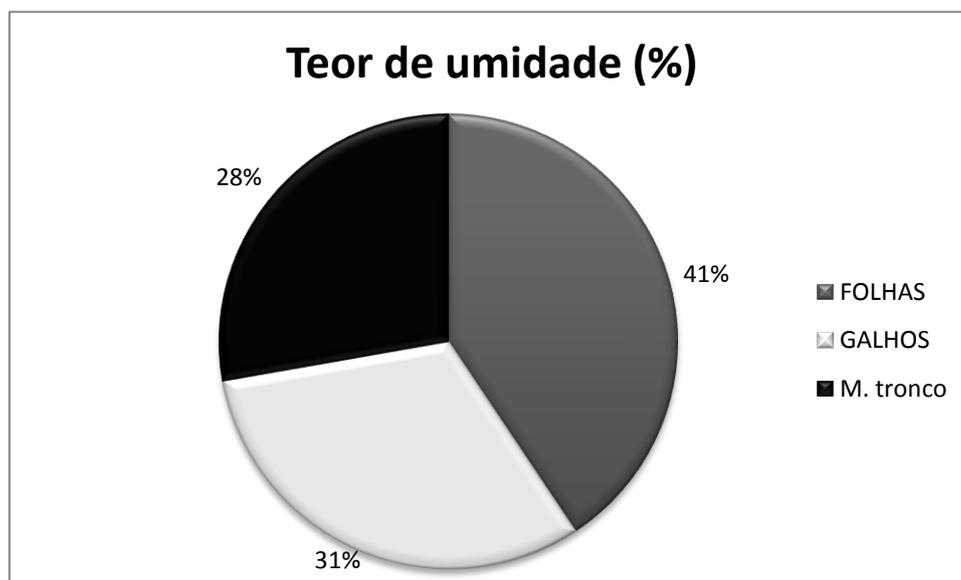
Compartimentos	Média do teor de umidade (%)
Folhas	48,12 a
Galhos	37,47 b
Tronco	32,93 c

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si em nível de 5%.

Fonte: Da autora.

A figura 14 apresenta o teor de umidade em termos percentuais para toda a parte aérea das plantas no espaçamento 4mx2m. O compartimento das folhas representa 41% do teor de umidade das 18 árvores de Tachi-branco estudado, em seguida os galhos que representam 31% do teor de umidade e por fim o tronco, com valores próximos ao teor de umidade de galho, com 28% de umidade. Em geral o teor de umidade das plantas varia de uma espécie para outra, assim como dentro da mesma espécie, de um órgão para o outro, bem como o estágio de desenvolvimento da planta. Segundo Bezerra Neto e Barreto, (2004) o caule de plantas lenhosas apresenta cerca de 50% de umidade, entretanto os dados apresentados aqui fora muito abaixo do encontrado, pois o fuste apresentou apenas 28% de umidade.

Figura 14- Proporção do teor de umidade (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



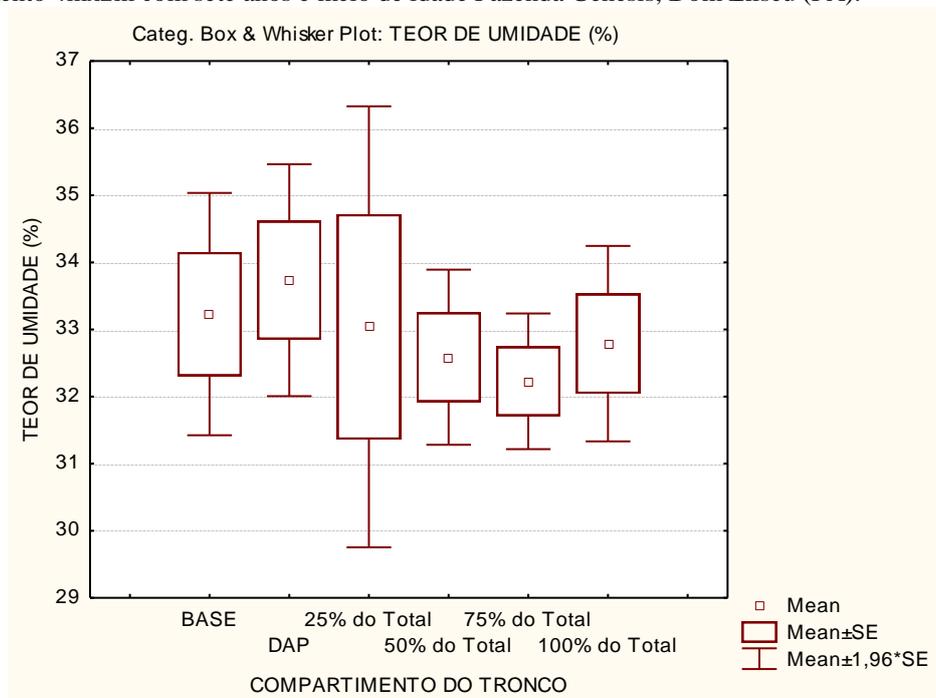
Fonte: Da autora.

Estes dados corroboram com Woortmann (2010), o qual realizou sua pesquisa em uma Campinarana dentro da área experimental de manejo florestal da Estação Silvicultura Tropical do INPE, Manaus (AM), e encontrou os maiores resultados para as folhas, com média de 57% de umidade, e o menor para o tronco com aproximadamente 38% de umidade, o teor para galhos finos e grossos foi de 44% e 40% de umidade, respectivamente.

Alves (2007), estudando 90 clones de Eucalipto em Gesseiro do Araripe (PE), encontrou resultados distintos aos do presente trabalho, o fuste apresentou maior teor de umidade com 51%, seguido das folhas com 45% e por último os galhos com 44% do teor de umidade na parte aérea das plantas.

A Figura 15 apresenta a distribuição do teor de umidade ao longo do fuste. O DAP apresentou o maior teor de umidade com 33%, seguido da base com 33%, amostra 100% com 32%, amostra 25% com 33%, amostra 50% com 32% e amostra 75% com 32% de umidade. Os maiores valores para o teor de umidade se encontram na base e topo das árvores. Segundo a análise estatística ANOVA não houve diferença significativa entre as secções do tronco das árvores nos espaçamento 4mx2m ($p = 0,9172$), porém como mostra a Figura 15, o teor de umidade segue a tendência de aumentar até chegar a 25% da altura total do fuste e depois diminui chegando com menor média de umidade na altura 75% do fuste e em seguida aumenta na altura 100%, sendo que na altura 25% a variação da umidade é maior.

Figura 15- Média e desvio padrão do teor de umidade ao longo do fuste (base do tronco, DAP do tronco, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx2m com sete anos e meio de idade Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

Ferreira *et al.* (2014) realizou seu trabalho com amostras de cinco árvores de *T. grandis*, na idade de 13 anos no município de Alta Floresta (MT), encontrou resultados que têm a mesma tendência com a parte basal apresentando maior umidade, em seguida a parte apical e o menor teor foi observado na parte mediana das árvores.

4.6 Espaçamento 4mx3m

4.6.1 Biomassa úmida e seca

As informações de biomassa úmida e seca das 18 árvores amostradas de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m estão descrito na Tabela 13. Todos os procedimentos para a adquirir as informações são iguais em todos os espaçamentos. O peso úmido do fuste variou entre 411,47 kg a 783,20 kg, a variação para os galhos foi de 59,00 kg até 349,00 kg e o compartimento das folhas variou entre 16,50 kg até 78,00 kg. Devido a grande amplitude de dados os compartimentos galhos e fuste tiveram alto desvio padrão, porém para os galhos o coeficiente de variação foi maior, mostrando uma maior diferença entre o valor mínimo e máximo em relação à média.

Tabela 13- Valores médios de biomassa úmida (kg árvore⁻¹) nas classes de compartimentos (Folhas, Galhos e Fuste), seguido de desvio padrão, coeficiente de variação (%), peso Máximo e Mínimo em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).

Biomassa úmida (kg árvore⁻¹)					
Compartimento	Média	Desvio padrão	CV%	Máximo	Mínimo
Folhas	35,47	17,68	16,50	78,00	16,50
Galhos	162,24	75,79	59,00	349,00	59,00
Fuste	582,42	99,14	17,02	783,20	411,47
Total	780,13	192,61	486,97	1210,20	113,58

Fonte: Da autora.

Assim como no espaçamento 4mx2m, a maior concentração de biomassa úmida e seca para Tachi-branco, no espaçamento 4mx3m se encontra no compartimento madeira da árvore, com peso médio úmido em torno de 582,42 kg e seco 349,45 kg, seguido dos galhos, enquanto que as folhas apresentaram menores valores. A Tabela 14 apresenta os valores de médias, desvio padrão, coeficiente de variação, valor máximo e mínimo da biomassa seca de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m. A biomassa seca do fuste variou de 244,33 kg a 496,91 kg, para os galhos essa variação foi de 36,60 kg a 212,40 kg, já para as folhas a variação da biomassa seca foi de 10,13 kg até 30,60 kg.

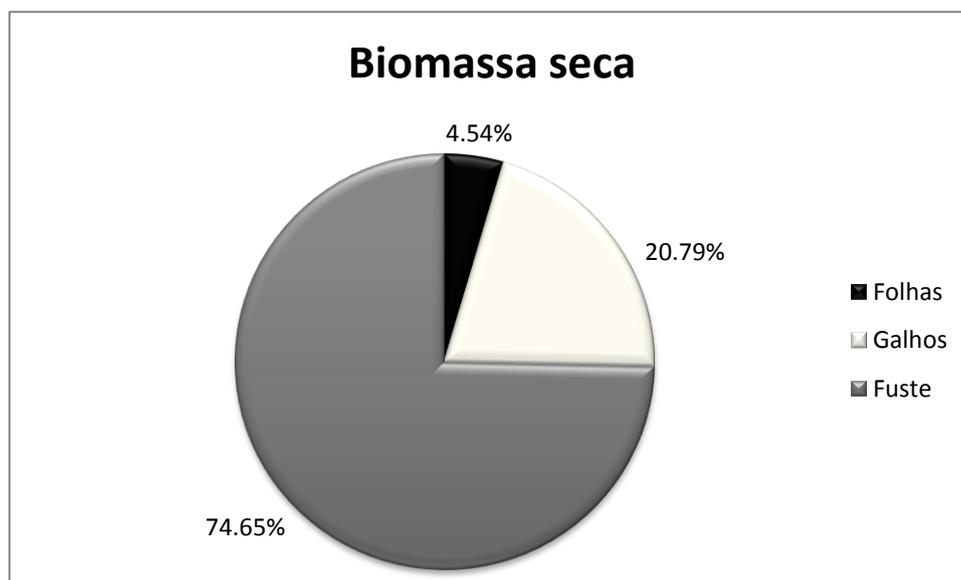
Tabela 14- Valores médios de biomassa seca (kg) nas classes (Folhas, Galhos e Fuste), desvio padrão, coeficiente de variação (%) em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).

Biomassa seca					
Compartimento	Média	Desvio padrão	CV%	Máximo	Mínimo
Folhas	21,28	10,61	49,84	46,80	9,90
Galhos	97,34	45,48	46,71	209,40	35,40
Fuste	349,45	59,48	17,02	469,92	246,88
Total	468,08	115,57	113,58	729,12	292,18

Fonte: Da autora.

Em termos percentuais a biomassa seca se distribui nas plantas igualmente ao espaçamento anterior: cerca de 74% no fuste, 21% nos galhos e 5% nas folhas, conforme pode ser visto na Figura 16. Alves (2007) ao quantificar a biomassa em clones de Eucaliptos com aproximadamente 4 anos, encontrou para os compartimentos os seguintes percentuais: galhos (11,05%), folhagem (7,44%), casca (7,90%) e fuste (61,61%). Watzlawick (2003) em uma Floresta Ombrófila Mista Montana, em General Carneiro, estado do Paraná, encontrou na biomassa seca os seguintes percentuais: fuste (50,52%), galhos vivos (45,01%), galhos mortos (1,16%), folhagem (2,40%) e miscelânea (0,97%).

Figura 16- Proporção de biomassa seca (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste, com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).

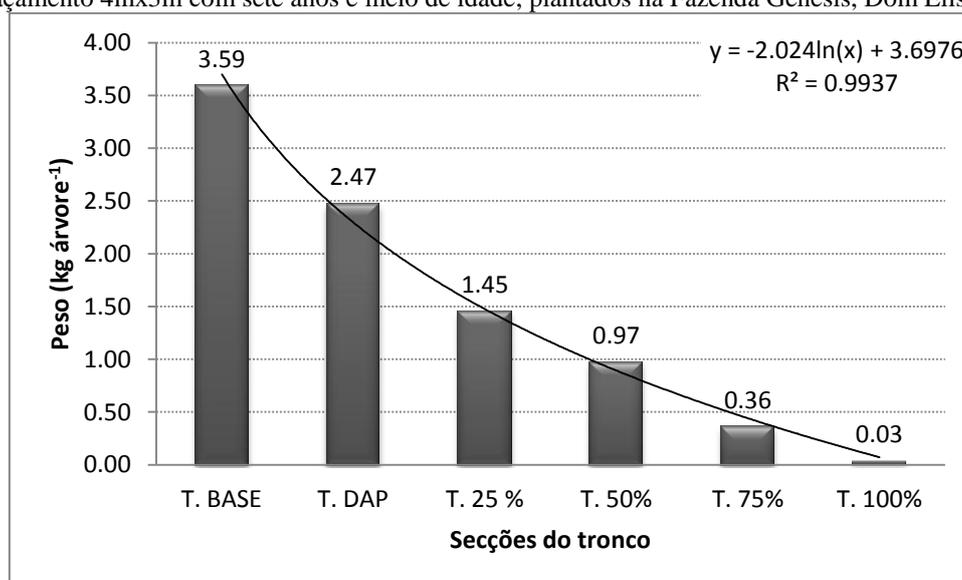


Fonte: Da autora.

No estudo realizado por Rondon (2006) no município de Sinop (MT), com a espécie *T. grandis* verificou que a maior contribuição da biomassa foi do tronco com 74,57%, seguindo de galhos (18,52%) e folhas (6,91%). Na estimativa de biomassa em povoamento de *Plantanus acerifolia* (Aiton) Willd., estabelecido no município de Dom Feliciano (RS), Hoppe (2003) obtiveram os seguintes valores: 46,5% madeira, 25,9% galhos, 18,6% raiz, 4,4% casca, 4,3% folha, e 0,4% fruto. Também Rondon (2002), no município de Sinop (MT), com a espécie *S. amazonicum*, em plantios de 60 meses sob diferentes espaçamentos, também verificou que a maior contribuição de biomassa total vem dos troncos com 77%, dados semelhantes foram encontrados com *Eucalyptus spp.* por Pereira (1990), Bernardo (1995) e Leles (1995).

O compartimento do tronco representa mais de 70% da biomassa e carbono acima do solo, desse modo a Figura 17 apresenta esses valores ao longo do fuste, como no espaçamento anterior as amostras são das diversas alturas do fuste. Os resultados apresentados foram obtidos através da média do peso de todas as amostras de tronco (BASE, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura total) das 18 árvores de Tachi-branco representando dessa forma a área total do plantio no espaçamento 4mx3m. Neste espaçamento a distribuição de biomassa seca se dá de forma logarítmica, começando pelo disco do tronco da base que obteve maior quantidade de biomassa seca estocada, com aproximadamente 3,59 kg, em seguida o disco do DAP com 2,47 kg, o disco que representa 25% da altura total com 1,45kg, o disco de 50% com 0,97 kg, 75% com 0,36 e por último o disco que representa 100% da altura total das árvores com peso de 0,03 kg.

Figura 17- Média do peso de Biomassa seca (kg árvore^{-1}) ao longo do fuste (base do tronco, DAP do tronco, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

4.6.2 Estoque de Carbono

Os resultados dos teores de carbono das 18 árvores abatidas no espaçamento 4mx3m foram separados em três compartimentos e são apresentados na Tabela 15. Apesar do fuste apresentar maior desvio padrão (29,74) devido a sua ampla variedade de dados, foi ele quem apresentou menor coeficiente de variação (17,02%), mostrando que o seu conjunto de dados é mais homogêneo.

Tabela 15- Valores médios de conteúdo de carbono (kg) nas classes estudadas (Folhas, Galhos e Fuste), desvio padrão, coeficiente de variação (%) em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m.

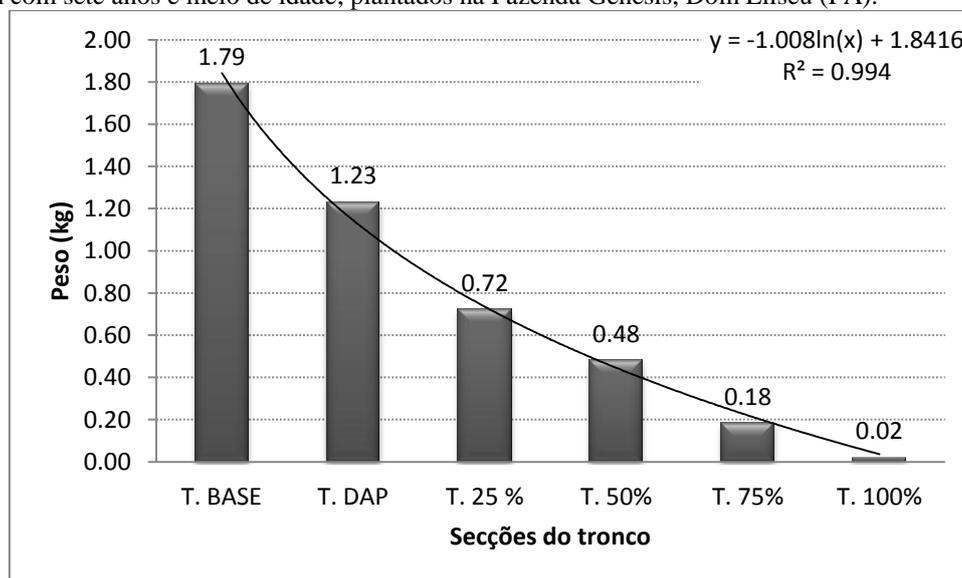
Estoque de Carbono (kg)					
Compartimento	Média	Desvio padrão	CV%	Máximo	Mínimo
Folhas	10,64	5,31	49,84	23,40	4,95
Galhos	48,67	22,74	46,72	104,70	17,70
Fuste	174,73	29,74	17,02	234,96	123,44
Total	234,04	57,78	113,58	363,06	146,09

Estoque de carbono (kg)= Peso seco (kg) * 0,5

Fonte: Da autora.

Em termos percentuais, o teor de carbono fica com a mesma proporção da biomassa seca, já que deste foi retirada 50% do peso seco para estimar a quantidade de carbono nos compartimentos da planta está distribuído da seguinte forma: cerca de 74% no fuste, 21% nos galhos e 5% nas folhas. Em relação ao carbono estocado no fuste, este que representa 74% do total armazenado, a figura 18 ilustra a quantidade de carbono em cada amostra de disco, assim como na biomassa seca, a distribuição de carbono se dá de forma decrescente, iniciando com o disco da base, posteriormente o disco do DAP, o disco de 25% da altura total, 50%, 75% e 100% da altura total.

Figura 18- Média de peso de Carbono (kg) ao longo do fuste (base do tronco, DAP do tronco, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores Tachi-branco no espaçamento 4mx3m com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

4.6.3 Teor de umidade

O teste de homogeneidade *Levene* nas amostras do espaçamento 4mx3m, apresentou dados normais, com valor de $F = 2,19$ e $P = 0,12$. A Tabela 16 apresenta os valores de média, desvio padrão, coeficiente de variação, máxima e mínima do teor de

umidade nos diferentes compartimentos da planta. As folhas tiveram média de 48,36 % do teor de umidade, em seguida os galhos com 36,59, posteriormente o tronco com menor representatividade para o teor de umidade com 31,94%. Assim como no espaçamento 4mx2m a média é maior para as folhas, porém o seu desvio padrão e o seu coeficiente de variação são menores, comprovando que seus dados são os mais homogêneos e próximos a média. Os galhos apresentaram maior desvio padrão e maior coeficiente de variação, mostrando que seu conjunto de dados é menos homogêneo que os outros compartimentos.

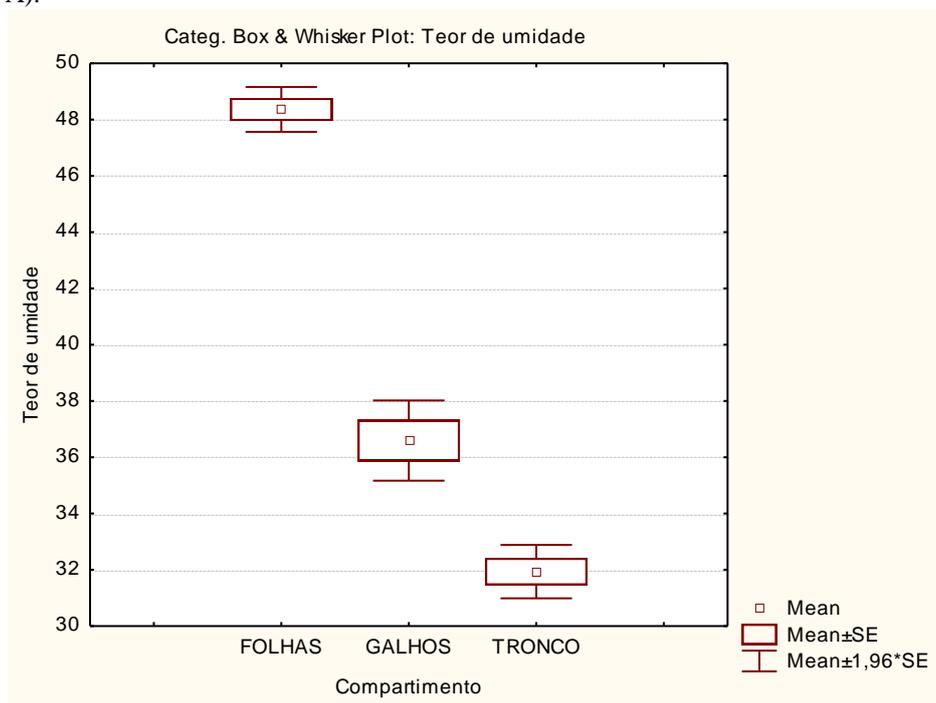
Tabela 16- Valores médios do teor de umidade (%) nas classes (Folhas, Galhos e Fuste), desvio padrão, coeficiente de variação (%) máximo e mínimo em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).

Teor de umidade					
Compartimento	Média	Desvio padrão	CV%	Máximo	Mínimo
Folhas	48,36	1,73	3,57	51,57	46,00
Galhos	36,59	3,08	8,43	43,03	31,68
Fuste	31,94	2,05	6,43	36,31	28,54
Total	38,96	7,35	6,14	43,63	35,40

Fonte: Da autora.

Após o teste ANOVA, foi comprovado que o teor de umidade é diferente significativamente nos compartimentos das árvores estudadas, com o valor de $F = 231,51$ e $P < 0,001$. A Figura 19 com intervalo de 99% de confiança mostra a média e o desvio padrão do teor de umidade nos diferentes compartimentos da árvore (folhas, galhos e fuste). O teste de Tukey comprovou que as amostras se diferem bastante entre si, folhas de galhos e troncos, com valores entre as folhas e galhos ($p < 0,0001$), folhas e tronco ($p < 0,0001$) e galhos e tronco ($p < 0,0001$).

Figura 19- Média e desvio padrão do teor de umidade (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

Assim como para o espaçamento 4mx2m, o valor médio do teor de umidade no espaçamento 4mx3m (Tabela 17) apresentou-se maior para as folhas e menor para o tronco e se diferenciando significativamente dos galhos.

Tabela 17- Teste de Tukey para o Teor de umidade de Tachi-branco nos três compartimentos para o espaçamento 4mx3m.

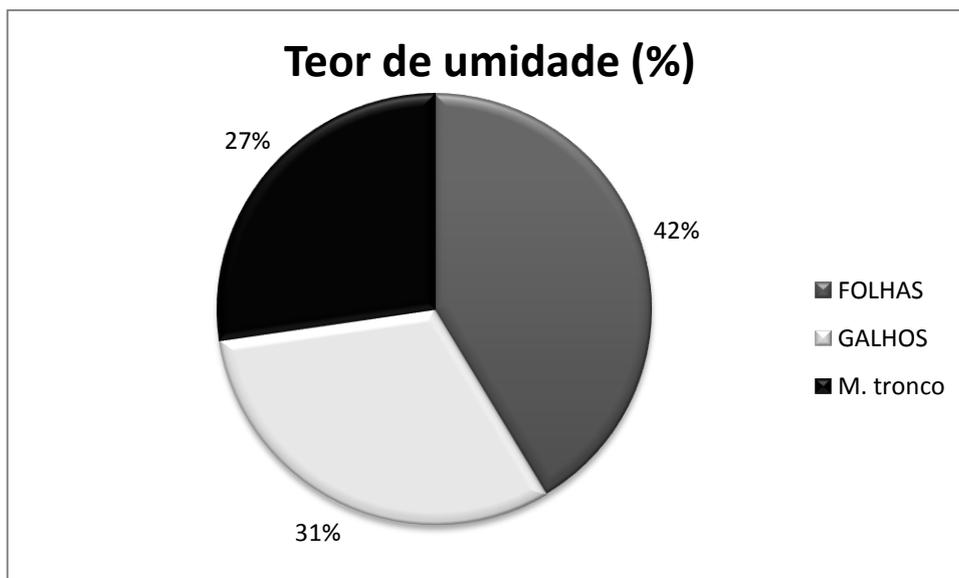
Compartimentos	Média do teor de umidade (%)
Folhas	48,36 a
Galhos	36,59 b
Tronco	31,93 c

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si em nível de 5%.

Fonte: Da autora.

A Figura 20 apresenta o teor de umidade em termos percentuais para toda a parte aérea das plantas no espaçamento 4mx3m. O compartimento das folhas representa 42% do teor de umidade das 18 árvores de Tachi-branco estudadas, em seguida os galhos que representam 31% do teor de umidade e por fim o tronco com valores de 27% de umidade.

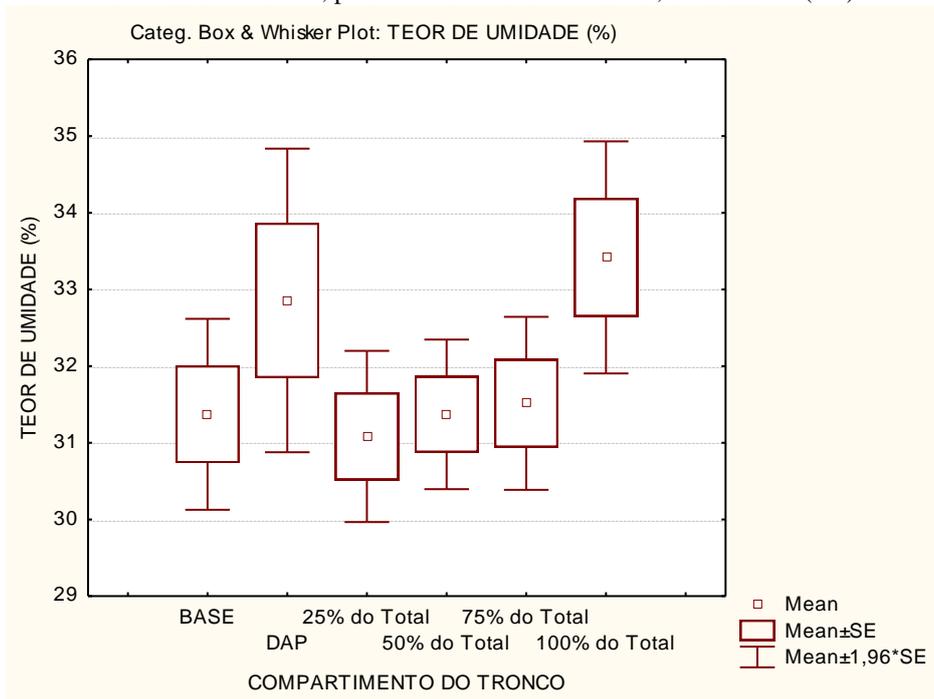
Figura 20- Proporção do teor de umidade (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste, com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

A Figura 21 apresenta a distribuição do teor de umidade ao longo do fuste. Os dados foram coletados a partir da média das amostras de: Base, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura total das 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx3m. O disco que representa 100% da altura total apresentou o maior média de teor de umidade com 33,42%, seguido do disco do DAP com 32,86%, amostra 75% com 31,51%, e as amostras disco da base e amostra 50% apresentaram a mesma quantidade do teor de umidade com 31,37%. Por fim a amostra 25% da altura total apresentou o menor teor de umidade 31,08%. Os maiores valores para o teor de umidade se encontram na base e topo das árvores. A análise estatística ANOVA comprovou que não existe diferença significativa ($p = 0,1038$) entre as secções do tronco das árvores nos espaçamentos 4mx3m.

Figura 21- Média e desvio padrão do teor de umidade ao longo do fuste (base do tronco, DAP, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores de Tachi-branco, no espaçamento 4mx3m com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

4.7 Espaçamento 4mx4m

4.7.1 Biomassa úmida e seca

As informações de biomassa úmida e seca das 18 árvores amostradas de Tachi-branco, no espaçamento 4mx4m, estão descritas na Tabela 18 e 19. O peso úmido do fuste variou entre 395,00 kg a 1.066,50 kg, a variação para os galhos foi de 60,00 kg até 320,00 kg e nos compartimentos das folhas variou entre 27,00 kg até 84,00 kg. Devido a grande amplitude de dados os compartimentos galhos e fuste tiveram alto desvio padrão e alto coeficiente de variação.

Tabela 18- Valores médios de biomassa úmida (kg árvore⁻¹) nas classes de compartimentos (Folha, Galhos e Fuste), seguido de desvio padrão, coeficiente de variação (%), peso Máximo e Mínimo em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).

Biomassa úmida (kg árvore ⁻¹)					
Compartimento	Média	Desvio padrão	CV%	Máximo	Mínimo
Folhas	46,35	14,55	31,40	84,00	27,00
Galhos	163,39	80,20	49,09	320,00	60,00
Fuste	688,40	185,94	27,01	1066,50	395,00
Total	898,13	280,71	107,51	1470,50	482,00

Fonte: Da autora.

Assim como nos espaçamentos 4mx2m e 4mx3m a maior concentração de biomassa úmida e seca para Tachi-branco, no espaçamento 4mx4m, se encontra no compartimento do fuste da árvore, com peso médio úmido em torno de 688,13 kg e seco 413,04 kg, seguido dos galhos com média de 163,39 kg peso úmido e 98,03 kg peso seco, enquanto que as folhas apresentaram menores valores de média com 46,35 kg peso úmido e 27,81 kg peso seco.

A Tabela 19 apresenta os valores de médias, desvio padrão, coeficiente de variação, valor máximo e mínimo da biomassa seca de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m. A biomassa seca do fuste variou de 237,00 kg a 639,90 kg, para os galhos essa variação foi de 36,00 kg a 192,00 kg, já para as folhas a variação da biomassa seca foi de 16,20 kg até 50,40 kg.

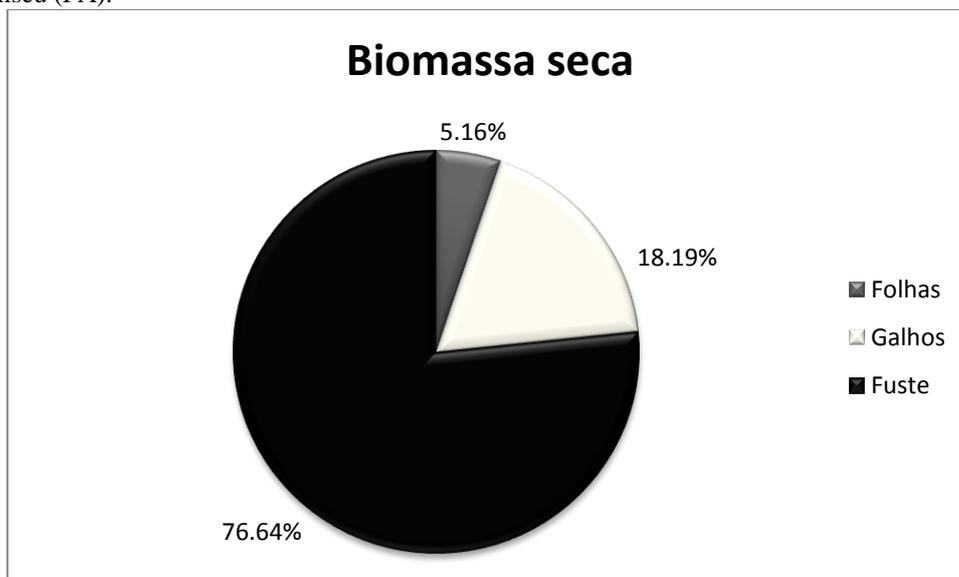
Tabela 19- Valores médios de biomassa seca (kg) nas classes (Folhas, Galhos e Fuste), desvio padrão, coeficiente de variação (%) em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).

Biomassa seca (kg árvore⁻¹)					
Compartimento	Média	Desvio padrão	CV%	Máximo	Mínimo
Folhas	27,81	8,73	31,40	50,40	16,20
Galhos	98,03	48,12	49,09	192,00	36,00
Fuste	413,04	111,56	27,01	639,90	237,00
Total	538,88	168,42	107,51	882,30	289,20

Fonte: Da autora.

Em termos percentuais, a biomassa seca se distribui da seguinte maneira: cerca de 77% no fuste, 18% nos galhos e 5% nas folhas, conforme pode ser visto na Figura 22.

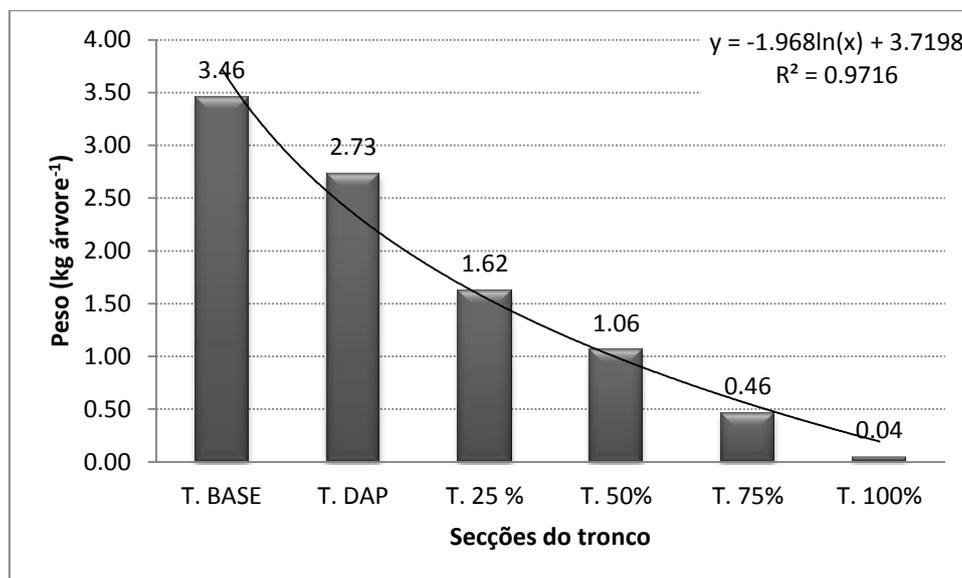
Figura 22- Proporção de Biomassa seca (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste, com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

O compartimento do tronco representa mais de 76% da biomassa e carbono acima do solo, desse modo a Figura 23 discrimina esses valores ao longo do fuste, como no espaçamento anterior as amostras são das diversas alturas do fuste. Os resultados apresentados foram obtidos através da média do peso de todas as amostras de tronco (BASE, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura total) das 18 árvores de Tachi-branco representando dessa forma a área total do plantio no espaçamento 4mx4m. Neste espaçamento a distribuição de biomassa seca também se dá de forma decrescente, começando pelo disco do tronco da base que obteve maior quantidade de biomassa seca estocada, com aproximadamente 3,46 kg, em seguida o disco do DAP com 2,73 kg, o disco que representa 25% da altura total com 1,62 kg, o disco de 50% com 1,06 kg, 75% com 0,46 kg e por último o disco que representa 100% da altura total das árvores com peso de 0,04 kg.

Figura 23- Média do peso de Biomassa seca (kg árvore⁻¹) ao longo do fuste (base do tronco, DAP do tronco, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

4.7.2 Estoque de Carbono

Os resultados dos teores médios de carbono das 18 árvores abatidas no espaçamento 4mx4m foram separados em três compartimentos são apresentados na Tabela 20. O fuste foi o compartimento que apresentou maior média, maior desvio padrão e menor coeficiente de variação, seu estoque de carbono mínimo foi de 118,50 kg árvore⁻¹ e máximo de 319,95 kg árvore⁻¹. Os galhos apresentaram variação entre mínimo de 18 a 96,00 kg árvore⁻¹ com maior coeficiente de variação. As folhas tiveram menor desvio padrão com 4,3667 kg árvore⁻¹, estoque de carbono entre 8,10 a 25,20 kg árvore⁻¹.

Tabela 20- Valores médios de conteúdo de carbono (kg) nas classes estudadas (Folhas, Galhos e Fuste), desvio padrão, coeficiente de variação (%) em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m.

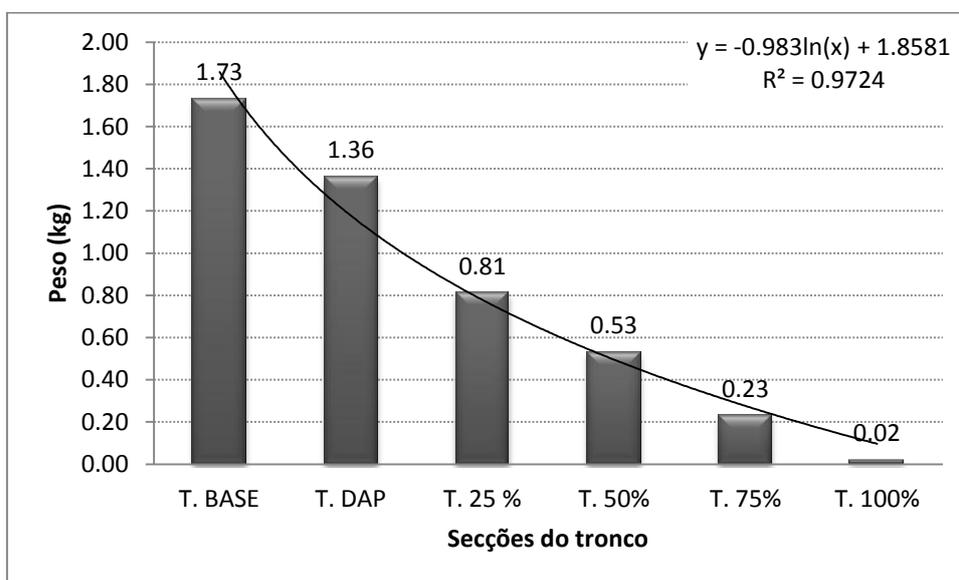
Estoque de Carbono					
Compartimento	Média	Desvio padrão	CV%	Máximo	Mínimo
Folhas	13,90	4,36	31,40	25,20	8,10
Galhos	49,02	24,06	49,09	96,00	18,00
Fuste	206,52	55,78	27,01	319,95	118,50
Total	269,44	84,21	107,51	441,15	144,60

Fonte: Da autora.

Em termos percentuais, o teor de carbono fica com a mesma proporção da biomassa seca, já que deste foi retirada 50% do peso seco para estimar a quantidade de carbono nos compartimentos da planta está distribuído da seguinte forma: cerca de 74%

no fuste, 21% nos galhos e 5% nas folhas. Em relação ao carbono estocado no fuste, este que representa 76% do total armazenado. A Figura 24 discrimina a quantidade de carbono armazenado em cada amostra de disco, sendo que da mesma forma que a biomassa seca, a distribuição de carbono se dá de forma decrescente, iniciando com o disco da base com 1,73 kg árvore⁻¹, posteriormente o disco do DAP com 1,36 kg árvore⁻¹, o disco de 25% da altura total com 0,81 kg árvore⁻¹, 50% com 0,53 kg árvore⁻¹, 75% com 0,23 kg árvore⁻¹ e 100% da altura total com 0,02 kg árvore⁻¹.

Figura 24- Média de peso de Carbono (kg) ao longo do fuste (base do tronco, DAP do tronco, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores Tachi-branco no espaçamento 4mx4m com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

4.7.3 Teor de umidade

O teste de homogeneidade *Levene* nas amostras do espaçamento 4mx4m, apresentou dados normais, com valor de $F = 3,05$ e $P = 0,05$. A Tabela 21 apresenta os valores de média, desvio padrão, coeficiente de variação, máxima e mínima do teor de umidade nos diferentes compartimentos da planta. As folhas tiveram média de 47,86% do teor de umidade, em seguida os galhos com 36,79%, posteriormente o tronco com menor representatividade para o teor de umidade com 33,05%. Assim como no espaçamento 4mx2m e 4mx3m a média é maior para as folhas, porém o espaçamento 4mx4m apresentou pequena diferença em relação a estes espaçamentos, os galhos apresentaram menor desvio padrão do que as folhas e seu coeficiente de variação foi um pouco acima do C.V. das folhas. As folhas apresentaram variação no teor de umidade

com valor mínimo de 43,75% e máxima de 52,73%, os galhos 33,71% a 42,86% e para o fuste a variação foi de 28,56% a 41,60% (Tabela 21).

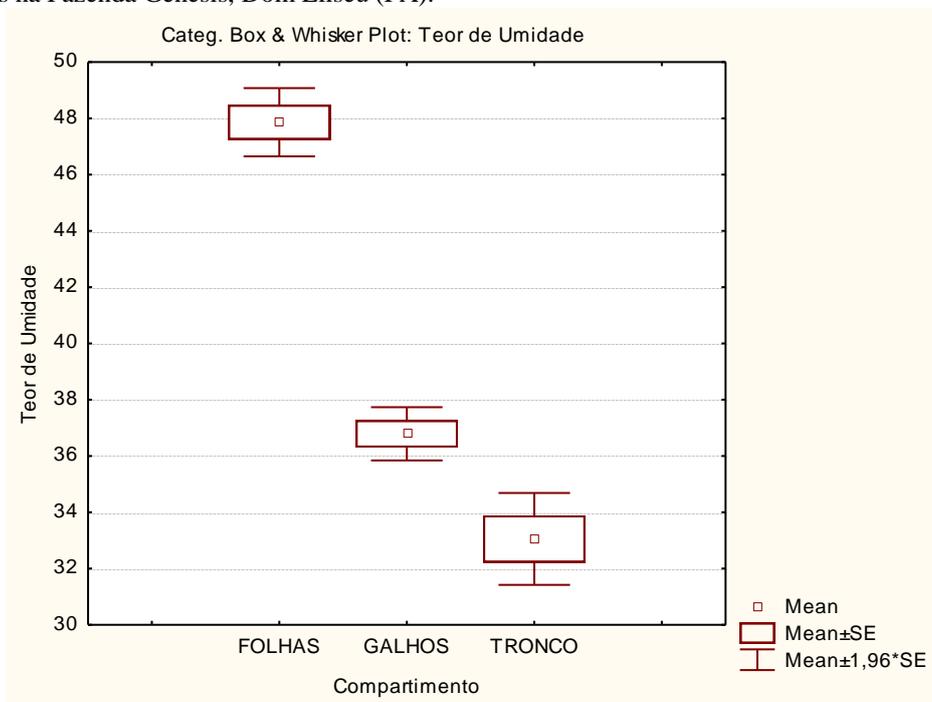
Tabela 21- Valores médios do teor de umidade (%) nas classes (Folhas, Galhos e Fuste), desvio padrão, coeficiente de variação (%), máximo e mínimo em árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).

Teor de umidade (%)					
Compartimento	Média	Desvio padrão	CV%	Máximo	Mínimo
Folhas	47,86	2,62	5,48	52,73	43,75
Galhos	36,79	2,04	5,57	42,86	33,71
Fuste	33,05	3,53	10,7	41,60	28,56
Total	39,23	6,91	7,25	45,73	35,34

Fonte: Da autora.

O teste ANOVA comprovou que o teor de umidade é diferente significativamente nos diferentes compartimentos da árvore, com o valor de $F = 135,76$ e $P = 0,00$. A Figura 25 com intervalo de 95% de confiança mostra à média e o desvio padrão do teor de umidade nos diferentes compartimentos da árvore (folhas, galhos e fuste). O teste de Tukey comprovou que as amostras se diferem significativamente entre si, folhas de galhos ($p < 0,0001$), Folhas e troncos ($p < 0,0001$) e galhos de tronco ($p < 0,0007$).

Figura 25- Média e desvio padrão do teor de umidade (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste, com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

Assim como para o espaçamento 4mx2m e 4mx3m, o valor médio do teor de umidade no espaçamento 4mx4m (Tabela 22) é maior para as folhas com 47,86% e menor para o tronco com 33,05% e se diferenciando significativamente dos galhos com 36,05% de umidade.

Tabela 22- Teste de Tukey para o Teor de umidade (%) de Tachi-branco em três compartimentos para o espaçamento 4mx4m, com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).

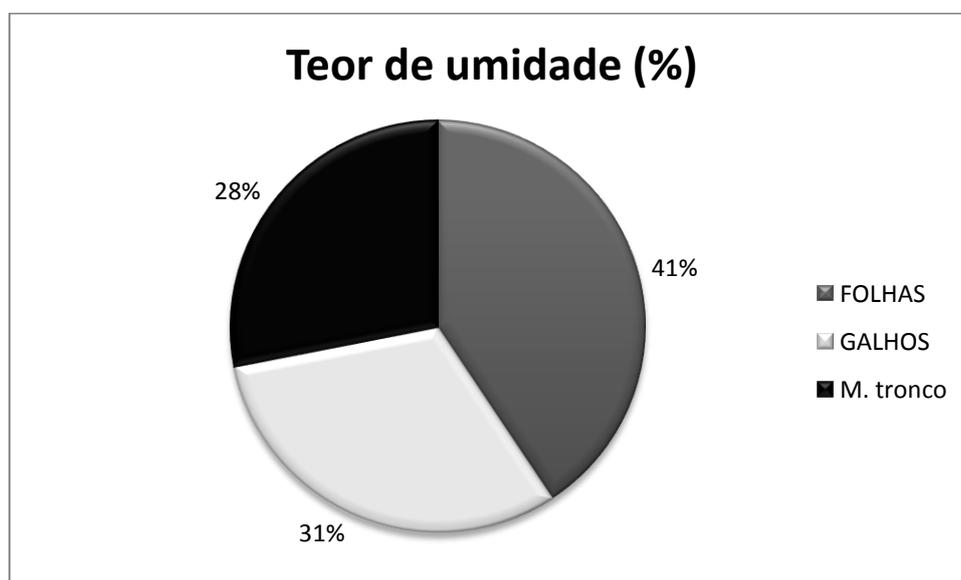
Compartimentos	Média do teor de umidade (%)
Folhas	47,86 ^a
Galhos	36,78 ^b
Tronco	33,05 ^c

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si em nível de 5%.

Fonte: Da autora.

A Figura 26 apresenta o teor de umidade em termos percentuais para toda a parte aérea das plantas no espaçamento 4mx4m. O compartimento das folhas representa 41% do teor de umidade das 18 árvores de Tachi-branco estudado, em seguida os galhos que representam 31% do teor de umidade e por fim o tronco, com valores próximos ao teor de umidade de galho, com 28% de umidade.

Figura 26- Proporção do teor de umidade (%) em 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m, nos compartimentos folhas, galhos e fuste com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).

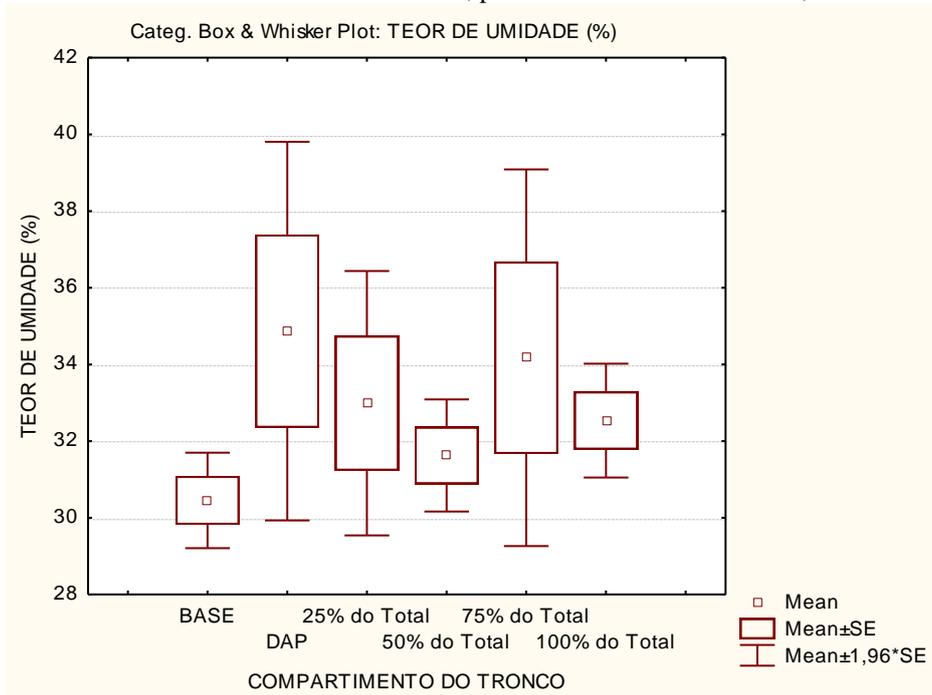


Fonte: Da autora.

A Figura 27 apresenta a distribuição do teor de umidade ao longo do fuste. Os dados foram coletados a partir das médias de cada amostra da Base, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura total das 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m. Os

discos que apresentou maior média e variação no teor de umidade foi o DAP, seguido do disco de 75% da altura total com valores de 34,87% e 34,17% respectivamente, em seguida a amostra 25% da altura total com 32,99%, posteriormente o disco de 100% da altura total com 32,54%. Os discos que apresentaram menor teor de umidade foram a base com 30,45% e a amostra 50% com 31,63%. A análise estatística ANOVA, comprovou que não existe diferença significativa entre as secções do tronco das árvores nos espaçamentos 4mx4m ($p < 0,4744$).

Figura 27- Média e desvio padrão do teor de umidade ao longo do fuste (base do tronco, DAP do tronco, 25% do tronco, 50% do tronco, 75% do tronco e 100% do tronco) de 18 árvores de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

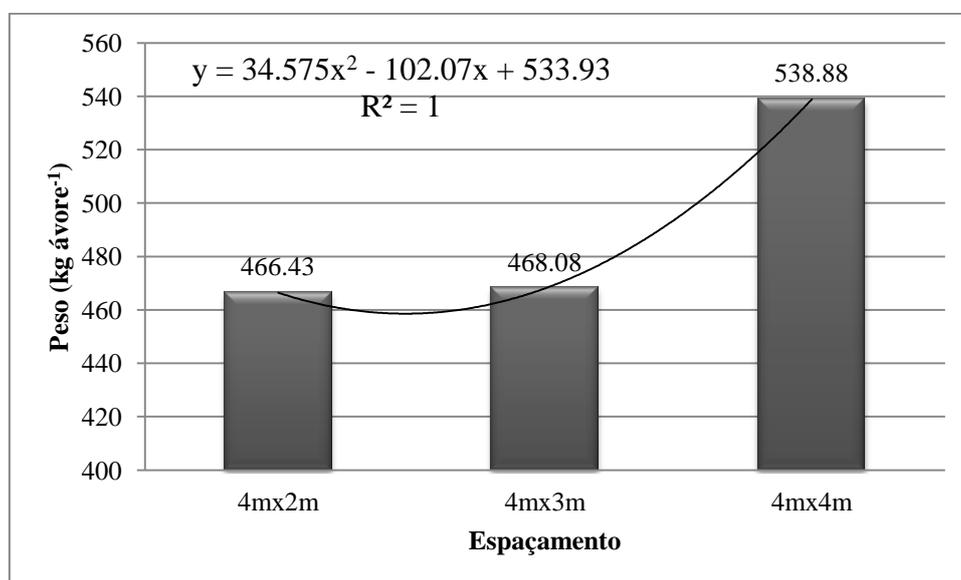
Oliveira *et al.* (2005), trabalhando com sete espécies de Eucalipto, também observaram diferenças no teor de umidade ao longo da altura do tronco de todas as espécies, com tendência da base apresentar maior teor de umidade, diminuindo até a metade da altura e com novo acréscimo a partir do terço superior e no topo, com teor de umidade próximo ao da base da árvore. A espécie *E. grandis* possui as maiores variações; com 120% de umidade na base, reduzindo pra 80 a 75% de altura, e eleva-se novamente para 90% no topo da altura comercial do tronco. A espécie *E. urophylla* apresentou teor de umidade maior no topo da árvore, com variação semelhante a espécie anterior. No *E. tereticornis*, o teor de umidade decresceu da base até um quarto da altura, atingindo o valor mais elevado na extremidade do tronco. Na espécie *E.*

paniculata, o teor de umidade mostrou-se crescente a partir da base até o ápice do tronco, com variação de aproximadamente 20%.

4.8 Comparação entre os espaçamentos 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m.

Os maiores valores de biomassa da parte aérea de Tachi-branco, por árvore, aos sete anos e meio, foram observados no espaçamento mais amplo (4mx4m), quando comparados com os espaçamentos mais reduzidos (4mx3m e 4mx4m), em razão da reduzida competição entre plantas em densidades populacionais mais baixas. A Figura 28 mostra a média da biomassa total seca (kg árvore⁻¹) em uma árvore em cada espaçamento estudado (4mx2m; 4mx3m e 4mx4m).

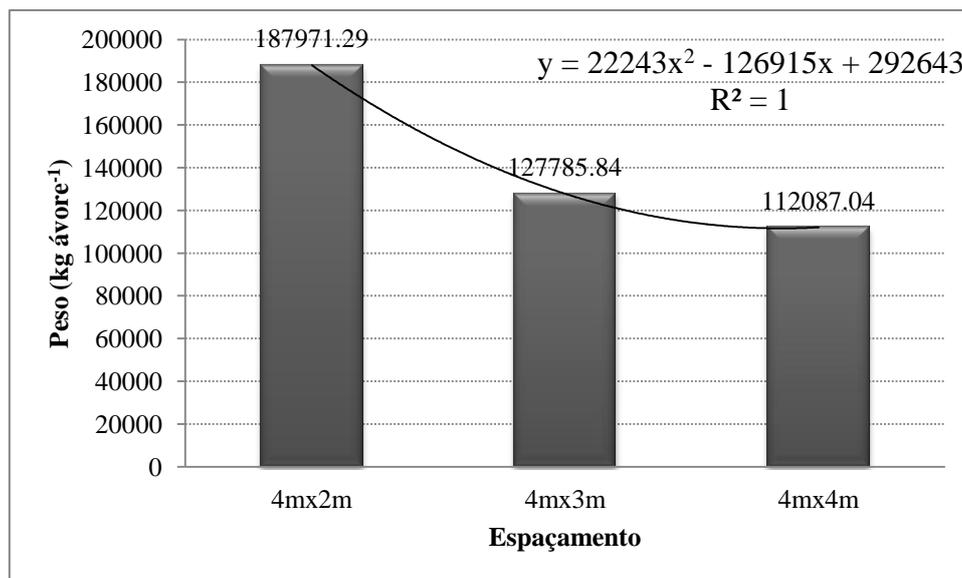
Figura 28- Biomassa total seca (kg árvore⁻¹) em cada espaçamento 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m, nas 18 árvores de Tachi-branco, com sete anos e meio de idade plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

Quando analisamos individualmente a biomassa da árvore de Tachi-branco no espaçamento 4mx4m aponta valores altos para a quantidade biomassa, porém quando comparamos o conjunto de árvores em cada espaçamento de mesma metragem (50mx60m) o espaçamento 4mx2m comporta maior número de árvores, elevando a quantidade de biomassa por espaço (Figura 29).

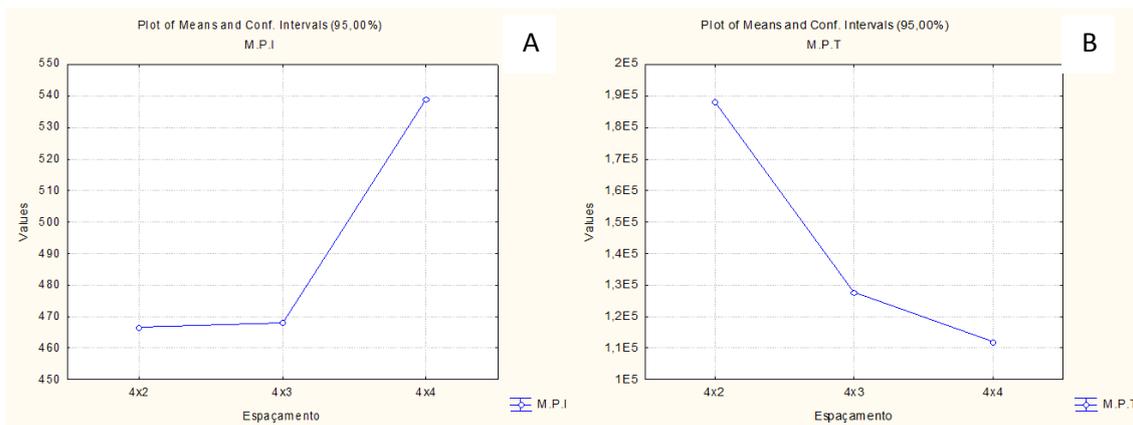
Figura 29- Estimativa da biomassa total seca (kg árvore⁻¹) dentro de cada espaçamento 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m de árvores de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

Os resultados da comparação da biomassa por unidade de árvore e o conjunto de árvores em espaço de mesmo tamanho podem ser vistos com melhor definição na Figura 30.

Figura 30- A) Média do peso Individual da biomassa em cada espaçamento estudado e B) média do peso total em cada espaçamento de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).

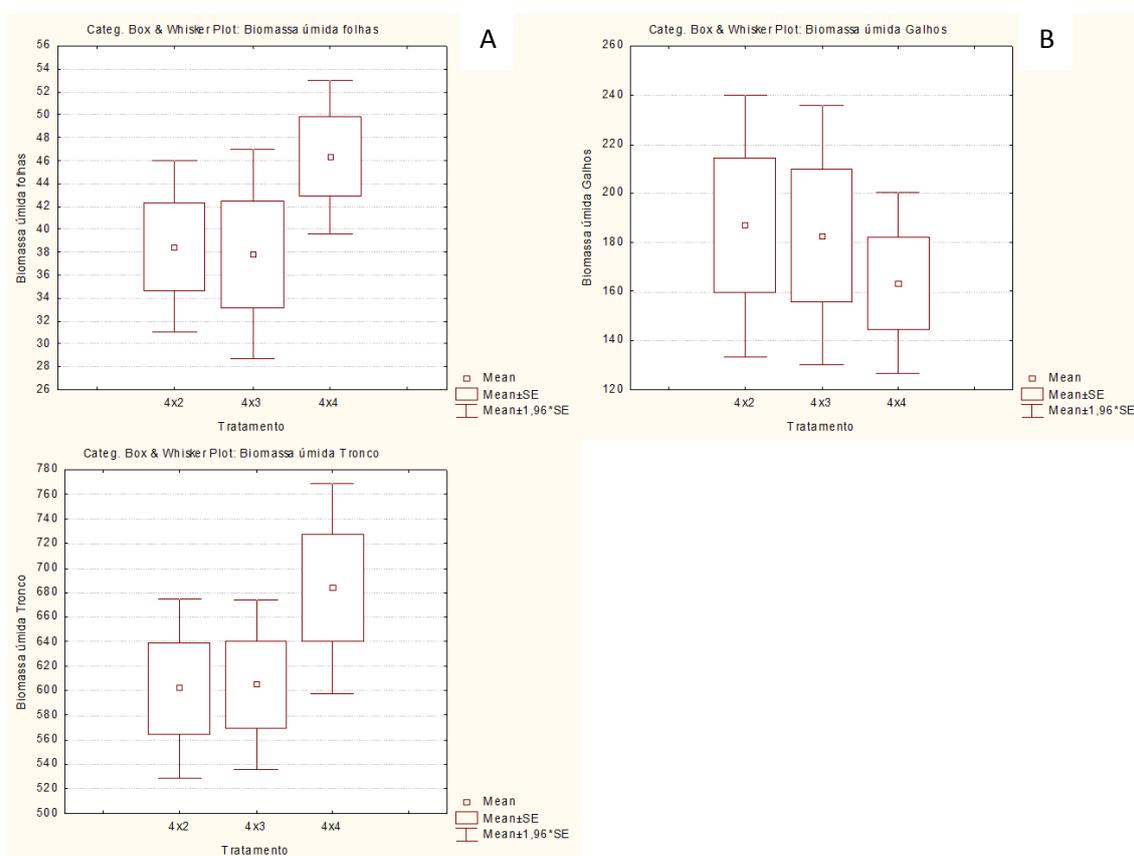


Fonte: Da autora.

Do mesmo modo que aconteceu com a biomassa, o carbono segue a mesma tendência, pois neste trabalho foi utilizado a fórmula ($C = 0,5 \cdot PS$) para estimar a biomassa do carbono em cada espaçamento. Após a análise estatística ANOVA, foi verificado que não houve diferença significativa entre a biomassa das folhas ($p = 0,2567$), galhos ($p = 0,7731$) e tronco ($p = 0,7731$) nos diferentes espaçamentos

plantados. Quando olhamos a Figura 31 percebemos que o espaçamento 4mx4m se destaca dos outros dois espaçamentos 4mx2m e 4mx3m, porém não difere significativamente dos mesmos. A média do peso úmido das folhas, no espaçamento 4mx4m é maior do que nos outros dois espaçamentos, a média biomassa úmida dos galhos, o espaçamento 4mx4m tem a menor média e também menor variação de peso em relação à média da biomassa úmida do tronco no espaçamento 4mx4m é maior que nos outros espaçamentos.

Figura 31- A) Média da Biomassa úmida (kg árvore^{-1}) nas folhas; B) Média da Biomassa úmida (Kg árvore^{-1}) nos galhos e C) Média da Biomassa úmida (kg árvore^{-1}) no tronco comparado em cada espaçamento 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).

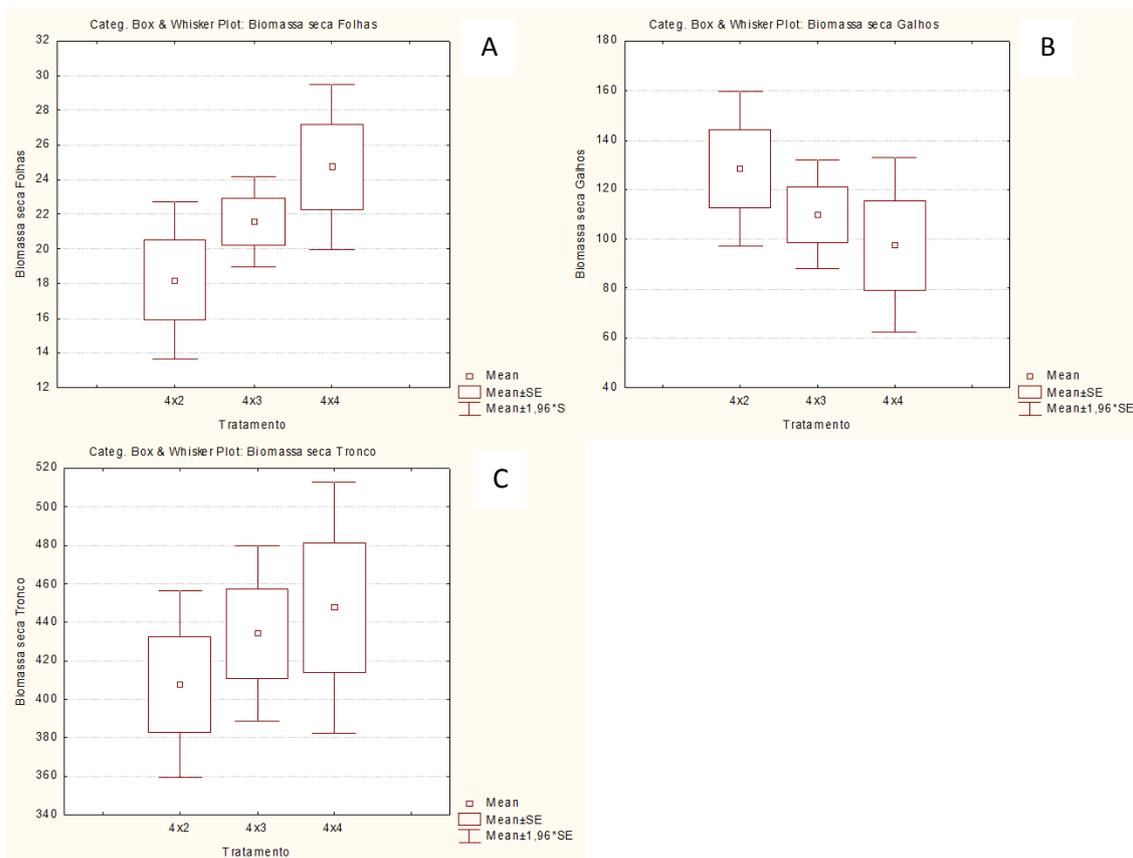


Fonte: Da autora.

A análise estatística ANOVA foi feita para verificar se existe diferença significativa entre a biomassa seca nos compartimentos das árvores nos diferentes espaçamentos, e foi comprovado que não houve diferença significativa entre a biomassa das folhas ($p = 0,2535$), galhos ($p = 0,2535$) e tronco ($p = 0,2535$) nos diferentes espaçamentos estudados. A Figura 32 mostra a diferença entre a biomassa seca nos diferentes espaçamentos, em relação às folhas o espaçamento 4mx4m tem maior média de biomassa seca, porém em relação aos galhos no mesmo espaçamento ele tem menor

média de biomassa, e o espaçamento 4mx2m tem a maior média. A biomassa média do tronco é maior no espaçamento 4mx4m e tem maior variação de peso também.

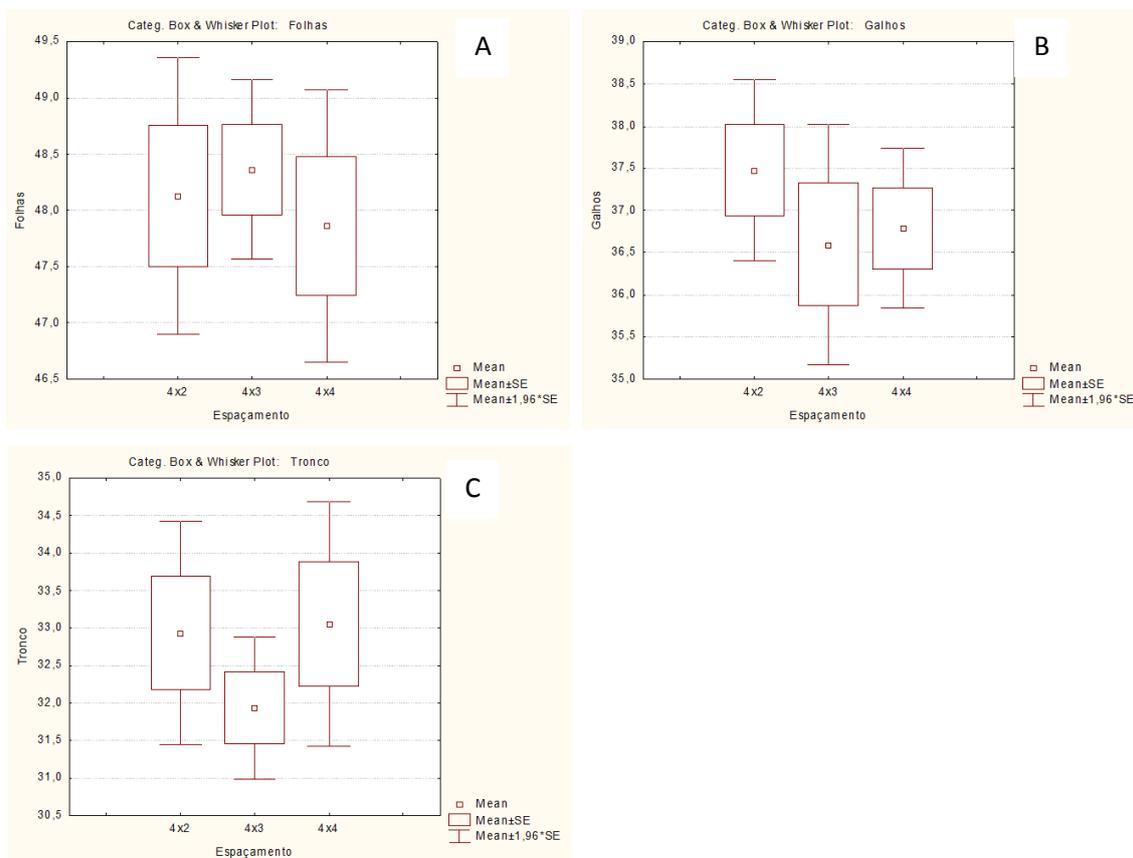
Figura 32- A) Média da Biomassa seca (kg árvore⁻¹) nas folhas; B) Média da Biomassa seca (kg árvore⁻¹) nos galhos e C) Média da Biomassa seca (kg árvore⁻¹) no tronco comparado em cada espaçamento 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

Em relação ao teor de umidade comparado em cada espaçamento, segundo a análise estatística ANOVA, não houve diferença significativa entre os teores de umidade entre as folhas ($p = 0,8214$), galhos ($p = 0,5488$) e tronco ($p = 0,4766$), analisados individualmente por espaçamento (Figura 33). A média do teor de umidade nas folhas é praticamente igual nos três espaçamentos, nos galhos o teor de umidade é maior no espaçamento 4mx2m, porém não diferem significativamente dos outros dois espaçamentos 4mx3m e 4mx4m. Foi no tronco quem se destacou o espaçamento 4mx3m, o qual teve menor média e menos variação do teor de umidade em relação aos outros dois espaçamentos 4mx2m e 4mx4m.

Figura 33- Média do Teor de umidade (%) nas folhas (A); nos galhos (B) e nos troncos (C) comparando cada espaçamento 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantados Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

4.9 Equação alométrica

4.9.1 Ajuste para a folhagem

Os resultados das três melhores equações para a biomassa da folhagem, podem ser observados na Tabela 23. Essas equações selecionadas para estimar a biomassa foliar apresentaram adequações estatísticas não satisfatórias, porém foram as melhores dentre as outras que foram testadas. Nesta mesma tabela também mostra que o coeficiente de determinação oscilou entre 54% até 57%, revelando o baixo nível de precisão nas estimativas de biomassa foliar com todos os modelos. Isso se deve à irregularidade na arquitetura das copas desta espécie, ou seja, existe uma grande heterogeneidade na biomassa foliar entre árvores de porte semelhante.

Tabela 23- Equações ajustadas para a estimativa do peso seco das folhas de Tachi-branco, plantados na fazenda Genesis, Dom Eliseu (PA).

EQUAÇÕES	MODELO	R ²
14	$PS = a + b \cdot DAP + c \cdot DAP^2 + d \cdot ALT$	0,570
8	$PS = a + (b \cdot DAP) + (c \cdot DAP^2) + (d \cdot DAP^2 \cdot ALT) + (e \cdot ALT)$	0,553
4	$PS = a + b \cdot DAP + c \cdot DAP^2 + d \cdot DAP^2 \cdot ALT$	0,544

Fonte: Da autora.

Valério *et al.* (2007) ajustaram equações para estimar a biomassa da folhagem da uva do Japão (*Hovenia dulcis* Thumb.) utilizando a equação 4 do presente trabalho, os autores encontraram o seu R² de 90%, esta equação foi ajustada para uma única espécie como no presente trabalho. Páscoa *et al.* (2008) encontraram resultados menos expressivos no ajuste de equações para a estimativa da biomassa da folhagem do pinheiro bravo, R² de 86%, mas ainda melhores do que os resultados do presente trabalho, os autores também usaram somente uma espécie para o desenvolvimento das equações.

Barbeiro, Vieira e Sanquetta (2009) estudou a espécie *Nectandra grandiflora* Nees & Mart. ex Ness (canela-amarela) em uma área experimental da Universidade Federal do Paraná, no município de São João do Triunfo, usaram uma amostra de 30 árvores e encontraram estimativas de biomassa foliar modestas, com R² de 78%, portanto melhores que os resultados apresentados neste trabalho.

Ratuchne (2010) encontrou equações pouco eficientes para estimar a biomassa, utilizando as equações 4 e 7 deste trabalho, encontrou os valores para R² = 57% e 58%, respectivamente, explicando que os baixos coeficientes de determinação ajustados para a estimativa da biomassa da folhagem podem ser explicados pela grande variação abrangência da base de dados, pois é composta por diversas espécies e com uma grande diversidade. Miranda (2008) também observou este fato, e considerou não satisfatória as equações ajustadas para a estimativa da biomassa da folhagem em uma área de restauração, encontrou coeficientes de determinação de 68%.

Gatto *et al.* (2011) estudou a espécie *Eucalyptus* spp em diferentes idades de plantio na região do Centro-Leste de Minas Gerais e encontraram valores ainda mais baixos do que aos do presente trabalho, com R² foi de 33%. Mello e Gonçalves (2008) estudaram *E. grandis* com 11 anos de idade no planalto ocidental do estado de São Paulo, usando somente a equação de Schumacher-Hall e derivada, o resultado

encontrado foi melhor que o do presente trabalho, porém não satisfatório para estimar a biomassa de folhas, seu R^2 foi 76% e 81%.

Os resultados insatisfatórios para as equações de estimativa de folhagem, pode estar associada à competição por luz, pois as árvores são da mesma espécie e estão muito próxima entre si aumentando a competição e diminuindo o crescimento individual da copa das árvores. Além disso, a coleta foi realizada no período de florescência da espécie que ocorre nos meses de outubro a novembro (Lorenzi, 2002), o que pode ter interferido na distribuição e a diminuição de folhas, principalmente porque nem todos os indivíduos florem ao mesmo tempo.

4.9.2 Ajuste para os galhos

Para a estimativa da biomassa seca dos galhos, percebe-se que os modelos tiveram melhores desempenhos que para as folhas. A Tabela 24 mostra que os três modelos apresentados obtiveram valores de R^2 bem próximos entre 70 % e 71%.

Tabela 24- Equações ajustadas para a estimativa do peso seco dos galhos de Tachi-branco na fazenda Genesis, Dom Eliseu (PA).

EQUAÇÕES	MODELO	R^2
4	$a + b \cdot DAP + c \cdot DAP^2 + d \cdot DAP^2 \cdot ALT$	0,712
8	$a + (b \cdot DAP) + (c \cdot DAP^2) + (d \cdot DAP^2 \cdot ALT) + (e \cdot ALT)$	0,712
14	$a + b \cdot DAP + c \cdot DAP^2 + d \cdot ALT$	0,708

Fonte: Da autora.

Gatto *et al.* (2011) estimou a biomassa seca dos galhos e encontraram valores próximos aos do presente trabalho, o R^2 foi de 76%. Baggio, Carpanezzi e Sanmiguel (1995) ajustaram equações similares às do presente trabalho para estimar a biomassa dos galhos de Bracatinga e obtiveram resultados mais satisfatórios, seu R^2 foi de 0,998. Corroborando com este autor, Urbano (2007) também para bracatingas, obteve equações com $R^2 = 0,907$. Vale ressaltar que estes dois últimos autores obtiveram resultados satisfatório para uma única espécie, mas com um numero amostral maior do que o do presente trabalho.

Valério *et al.* (2007) ajustaram equações para estimar a biomassa dos galhos da uva do Japão (*Hovenia dulcis* Thumb.), utilizando as equações 3, 4 e 5 do presente trabalho, encontraram resultados satisfatórios com valores $R^2 = 90,09$, $90,17$ e $90,49$, respectivamente. Barbeiro, Vieira e Sanquetta (2009) ajustaram equações para a estimativa do peso seco dos galhos de *N. grandiflora*, afirmam que as estimativas

parciais são apenas razoáveis, considerando as variáveis dendrométricas DAP e altura como independentes, encontraram o R^2 variando entre 52% a 94%. Mello e Gonçalves (2008) estudando *E. grandis* encontraram resultados não tão distintos quanto o do presente trabalho, com R^2 variando entre 76% a 81%.

Martins (2011) encontrou valores que mostram uma correlação insatisfatória para estimar a biomassa dos galhos, seu R^2 variou entre 0,585 e 0,640 valores considerados baixos se comparados a outros autores e o $S_{x,y}$ de 70,70 e 75,84, valores considerados altos se comparado a Socher (2004) que ajustou equações para estimativa da biomassa dos galhos de uma floresta Ombrófila Mista Aluvial, sua equação teve o coeficiente de determinação ajustado igual a 0,942 e o erro padrão da estimativa de 43,84%, não considerando seus resultados insatisfatórios.

4.9.3 Ajuste para o fuste

As estimativas dos parâmetros e as principais estatísticas para os modelos de biomassa seca são apresentados na tabela 25. Os modelos 4, 8 e 14 obtiveram o mesmo desempenho nos indicadores de ajuste apresentando o coeficiente de determinação de 67%.

Tabela 25- Equações ajustadas para a estimativa do peso seco do fuste de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantados na fazenda Genesis, Dom Eliseu (PA).

EQUAÇÕES	MODELO	R^2
4	$a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot \text{DAP}^2 + d \cdot \text{DAP}^2 \cdot \text{ALT}$	0,673
8	$a + (b \cdot \text{DAP}) + (c \cdot \text{DAP}^2) + (d \cdot \text{DAP}^2 \cdot \text{ALT}) + (e \cdot \text{ALT})$	0,673
14	$a + (b \cdot \text{DAP}) + (c \cdot \text{DAP}^2) + (d \cdot \text{ALT})$	0,672

Fonte: Da autora.

É possível observar que todas as equações selecionadas são compostas pelas variáveis DAP e ALT, também pode-se destacar as equações que apresentaram a variável combinada $\text{dap}^2 \cdot \text{ALT}$, sugerindo que essa combinação DAP e altura apresenta melhor correlação com a biomassa que quando essas variáveis são utilizadas de maneira separada. Esses resultados são corroborados por Ratuchne (2010) e Valério *et al.* (2007), estes autores concluíram que as equações que são compostas pelas variáveis altura total e dap possuem correlação mais alta com a biomassa.

Valério *et al.* (2007) encontraram R^2 de 0,968 e S_{yx} de 11,49%, vale ressaltar que este autor utilizou uma única espécie para ajustar as equações, eles obtiveram resultados bem distintos dos apresentados neste trabalho, com melhores ajustes de equação. Barbeiro, Vieira e Sanquetta, (2009) encontrou modelos que apresentaram

altos coeficientes de determinação, com exceção de somente um modelo dentre os sete estudados, quatro modelos apresentaram o R^2 de 97%.

Thompson (2009) estudou a espécie Tachi-branco vog. var. *subvelutim* Benth, na Reserva Ecológica e Experimental da Universidade Federal de Brasília, Fazenda Água Limpa, Distrito Federal, foram estudadas 73 árvores pertencentes a diferentes classes de diâmetros, as equações utilizadas foram as de 8 a 11 do presente trabalho e o coeficiente de determinação variou de 82% a 87% para o fuste. O autor diz que baseado nas análises comparativas do seu trabalho, a equação que melhor estimou a biomassa seca do fuste das árvores de Tachi-branco foi à equação 11.

Socher (2004) ajustou equações para a estimativa de biomassa em uma área de Floresta Ombrófila Mista Aluvial e seus resultados também foram muito diferentes do presente trabalho, o R^2 0,939 e S_{yx} 20,21%. O autor considerou que os resultados foram bem satisfatórios, especialmente porque as equações foram ajustadas com uma base de dados muito ampla, contemplando diversas espécies.

Ratuchne (2010) utilizando as equações 4 e 5 deste trabalho encontrou resultados maiores para a estimativa da biomassa do fuste R^2 de 0,972, o estudo deste autor se deu com um número amostral de 153 árvores, pertencentes a 38 espécies, o autor sugere que os bons resultados encontrados para as equações se dá principalmente pela heterogeneidade das espécies, que estavam em diversos estágios de desenvolvimento. Fato que difere deste trabalho, já que foram utilizadas 18 árvores para cada espaçamento, o que pode ter levado a baixa representação das equações.

Miranda (2008) encontrou resultados diferentes aos do presente trabalho, mas bem semelhantes a Ratuchne (2010) no ajuste de equações para estimativa de biomassa da madeira do fuste numa área de restauração. Miranda (2008) constatou que os modelos que apresentaram apenas a variável dap não fornecem equações precisas, fato que foi observado também por Ratuchne (2010).

4.9.4 Ajuste para a biomassa total da árvore

Para estimar o peso seco total, os modelos apresentaram coeficientes de determinação baixos, resultado parecido com o ajuste para o fuste da árvore, o R^2 teve uma pequena variação com menor resultado para a equação 18 com 62% e maior R^2 para a equação com 64% de R^2 (Tabela 26).

Tabela 26- Resultado da equação para estimar a biomassa aérea total de plantios homogêneos de Tachi-branco, com sete anos e meio de idade, plantados na fazenda Genesis, Dom Eliseu (PA).

EQUAÇÕES	MODELO	R ²
7	$a + b \cdot \text{DAP}^2 + c \cdot \text{DAP}^2 \cdot \text{ALT} + d \cdot \text{DAP} \cdot \text{ALT}^2 + e \cdot \text{ALT}^2$	0,641
4	$\text{PTS} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot \text{DAP}^2 + d \cdot \text{DAP}^2 \cdot \text{ALT}$	0,631
18	$a + b \cdot \text{DAP}^2 + c \cdot (\text{DAP}^2 \cdot \text{ALT}) + d \cdot \text{ALT}$	0,624

Fonte: Da autora.

Valério *et al.* (2007) encontrou com o modelo 4 utilizado no presente trabalho, resultados melhores na equação para estimativa de biomassa total com R² igual a 97,53 e S_{yx} de 9,77% para a *Hovenia dulcis* Thunb. Voucher. (Uva do Japão), sugerindo que com maior homogeneidade de espécies as equações podem ser mais precisas. Resultados opostos foram encontrados no presente trabalho. No estudo de Barbeiro, Vieira e Sanquetta, (2009) com a espécie *N. grandiflora*, encontraram coeficientes de determinação altos, exceto para um modelo, os outros sete modelos apresentaram o R² variando entre 86% e 98%.

Lima (2011) estudou Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Humn. & Bonpl.) em plantios homogêneos na fazenda Aruanã, município de Itacoatiara (AM), com nove anos de idade, o autor encontrou resultados satisfatórios utilizando algumas equações do presente estudo, o seu coeficiente de determinação não teve ampla variação, com valores entre 96% à 99%, sendo capaz de estimar com eficiência os valores médios do peso da biomassa seca.

Miranda, Melo e Sanquetta, (2011), estimou a biomassa em árvores de reflorestamento de restauração na região do Médio vale do Paranapanema (SP), com 107 árvores de 44 espécies plantadas, os autores encontraram valores melhores que os do presente trabalho, com R² acima de 91%.

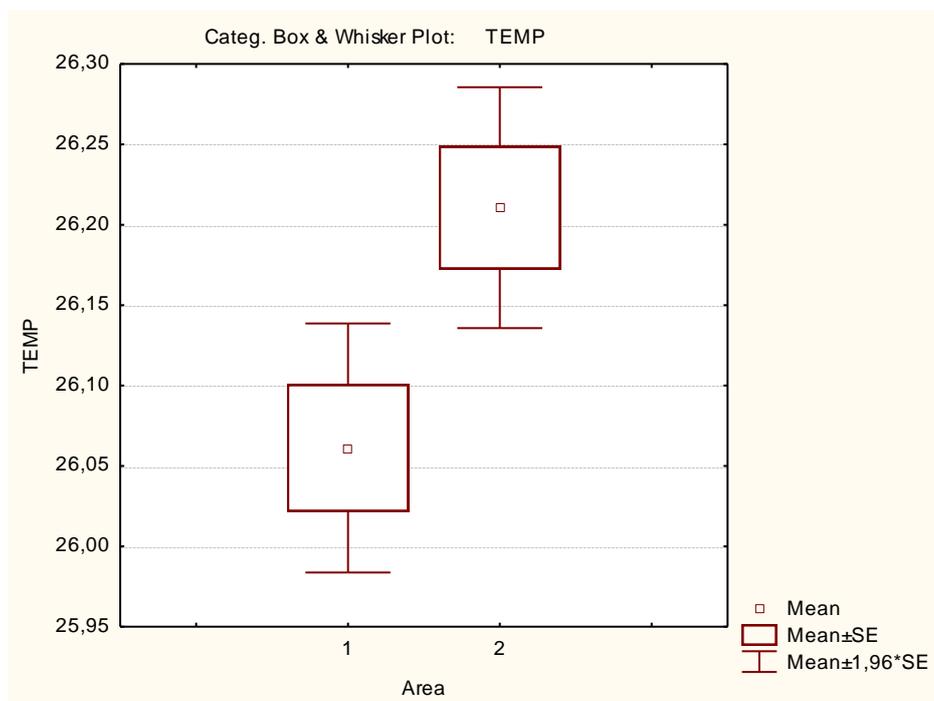
4.10 Comportamento do microclima florestal

4.10.1 Temperatura do ar

Segundo Pardé (1980) a temperatura do ar sob cobertura florestal tem um comportamento similar ao da radiação solar, que fornece energia para a superfície do solo, a vegetação e para o ar. Os dados de temperatura do ar foram gerados pelo Statistica 7.0, o local de estudo foi dividido em duas áreas, e em cada área três espaçamentos, 4mx2m; 4mx3m e 4mx4m. Como descrito na metodologia acima, o período de coleta dos dados foi de quatro meses (Setembro à Dezembro).

Nos meses que ocorreram as coletas dos dados, foi verificado que houve diferença significativa na temperatura entre as duas áreas, com valores de $p = 0,006$ com média aproximadamente de $26,06\text{ }^{\circ}\text{C}$ para a área 1 e para a área 2 a média de temperatura foi de $26,21\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 34).

Figura 34- Média da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) nas áreas 1 e 2 de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

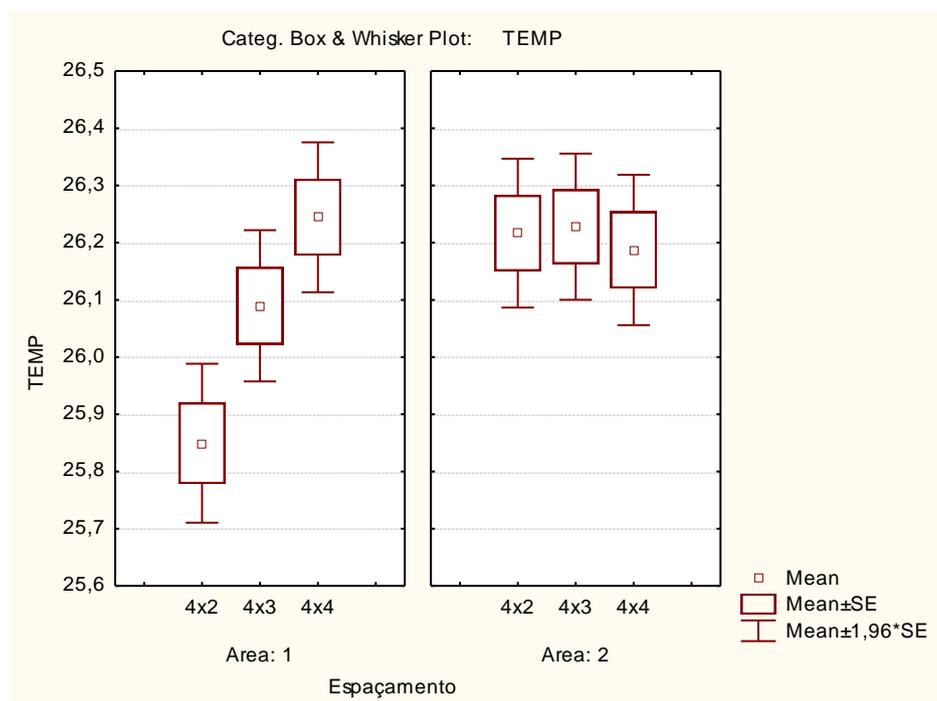
A Figura 35 mostra a variação da temperatura nas duas áreas estudadas dentro de todos os espaçamentos. É possível notar que na área 1 o espaçamento $4\text{m} \times 2\text{m}$ tem sua temperatura entre $25,71\text{ }^{\circ}\text{C}$ até $25,99\text{ }^{\circ}\text{C}$ e média de $25,84\text{ }^{\circ}\text{C}$, o espaçamento $4\text{m} \times 4\text{m}$ apresenta valores entre $26,11\text{ }^{\circ}\text{C}$ até $26,38\text{ }^{\circ}\text{C}$ e média de $26,24\text{ }^{\circ}\text{C}$. O espaçamento $4\text{m} \times 3\text{m}$ segue com seu padrão entre os dois espaçamentos, com variação de temperatura entre $25,96\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $26,22\text{ }^{\circ}\text{C}$ e média de $26,08\text{ }^{\circ}\text{C}$, porém esta variação não foi suficiente para que houvesse diferença significativa entre os dados de temperatura na área 1, como mostra a análise estatística $P = 0,309$.

Assim como na área 1, a área 2 se comporta da mesma maneira, não havendo diferença significativa entre os espaçamentos com $P = 0,999$, porém esta se apresentou mais homogênea. Esse fato pode ter sido ocasionado pela localização das áreas estudadas (Figura 1), pois na primeira área o tratamento $4\text{m} \times 2\text{m}$ está distante dos outros tratamentos estudados, com outro tipo de vegetação ao seu redor, composto por fragmentos florestais, área agrícolas e áreas desmatadas, o que pode ocasionar

diferentes variações de temperatura. As variações para a área 2, vai de 26,06 °C até 26,36 °C nos três tratamentos (Figura 35).

O teste de Tukey mostrou que houve diferença significativa na variação da temperatura entre o espaçamento 4mx2m da área 1 e 4mx4m da mesma área ($p = 0,0004$), assim como para o espaçamento 4mx2m da área 1 e 4mx2m da área 2 ($p = 0,0016$), 4mx2m da área 1 e 4mx3m da área 2 ($p = 0,0010$) e por fim 4mx2m da área 1 e 4mx4m da área 2 ($p = 0,0052$).

Figura 35- Variação da temperatura (°C) em função do espaçamento em cada área de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

A Figura 36 apresenta o comportamento da temperatura nos meses estudados (setembro a dezembro) nas duas áreas separadas, assim como dentro dos espaçamentos 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m. É possível notar que a temperatura obedece à mesma tendência nas duas áreas e nos três espaçamentos em função dos meses de coleta. Nas duas áreas e em todos os espaçamentos o mês de setembro começa com temperatura menor que o mês de outubro, em seguida este mês tem o maior índice de temperatura, posteriormente a tendência da temperatura só diminui nos meses seguintes devido à chegada do período chuvoso.

Sousa (2011) e Narducci (2013) estudaram também a variação média de precipitação no município de Dom Eliseu, e concluíram que os meses com maior índice de precipitação é entre Janeiro e Junho, corroborando com os dados de temperatura e

umidade relativa presentes neste trabalho, os meses que apresentaram maior temperatura foi Setembro, Outubro e Novembro, período caracterizado por sua falta de chuva.

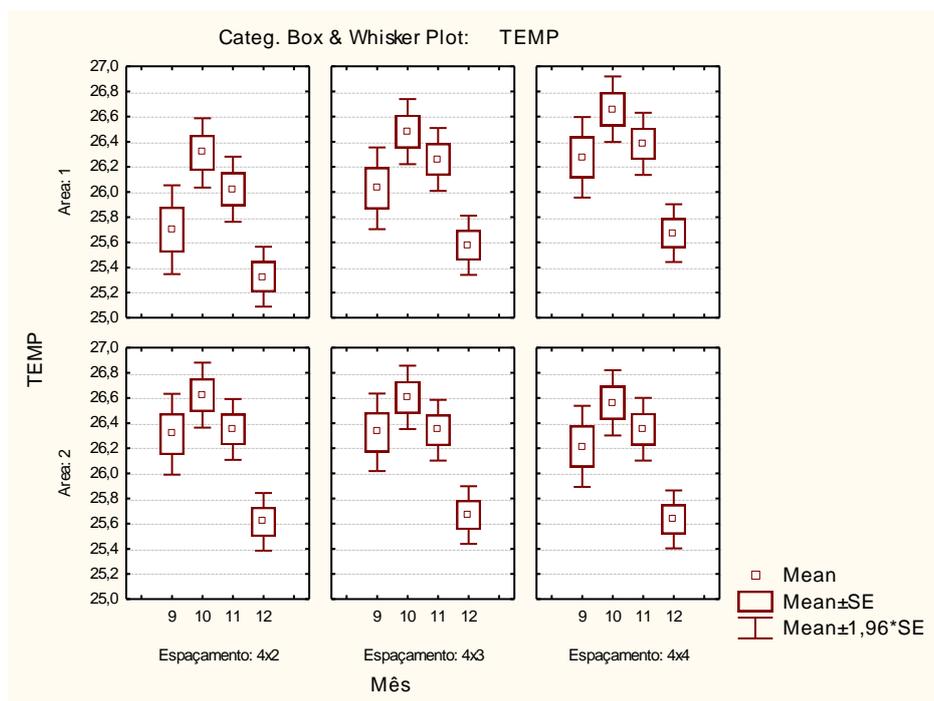
Na área 1, o mês de setembro segue a tendência de aumentar a temperatura conforme aumenta o espaçamento, este fato é também observado no mês de outubro, que por sua vez teve seu maior índice de temperatura com 26,9 °C no espaçamento 4mx4m. O mês de novembro tem a mesma tendência de aumentar a temperatura conforme aumenta o espaçamento, mas é a partir desse mês que a temperatura começa a diminuir.

O mês de dezembro tem sua menor temperatura no espaçamento 4mx2m. Como descrito acima, o mês de dezembro apresenta menor temperatura, porém segue o mesmo sentido dos outros meses, com temperaturas menores para tratamentos mais densos e temperaturas maiores para tratamentos menos densos.

Na área 2, espaçamento 4mx2m, o mês de setembro atinge sua maior temperatura com 26,9 °C. Os espaçamentos na área 2, assim como na área 1 seguem o mesmo padrão de aumento e diminuição de temperatura, nos meses de Setembro e Outubro consta aumento e no mês de Novembro apresenta um caimento de temperatura entre 26,19 °C e 26,39 °C, já caracterizando o suposto início do período chuvoso, e por fim o mês de Dezembro que apresenta os menores valores para temperatura em todo o período de coleta, com temperatura variando entre 25,30 °C e 25,69 °C, este mês já é visto como o início de fato do período chuvoso.

O teste de Tukey comprovou que as médias da temperatura na área 1 se diferem em relação aos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro. O teste se mostrou significativo para os meses de Setembro e Outubro ($p < 0,0000$), Setembro e Dezembro ($p < 0,0000$), Outubro e Novembro ($p = 0,0003$), Outubro e Dezembro ($p < 0,0000$) e para os meses de Novembro e Dezembro ($p < 0,0000$), a única relação que não se mostrou significativa foi entre Setembro e Novembro ($p = 0,3087$).

Figura 36- Média da Temperatura (°C) em função dos meses (Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro), e dos espaçamentos (4mx2m, 4mx3m e 4mx4m) nas áreas 1 e 2, de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

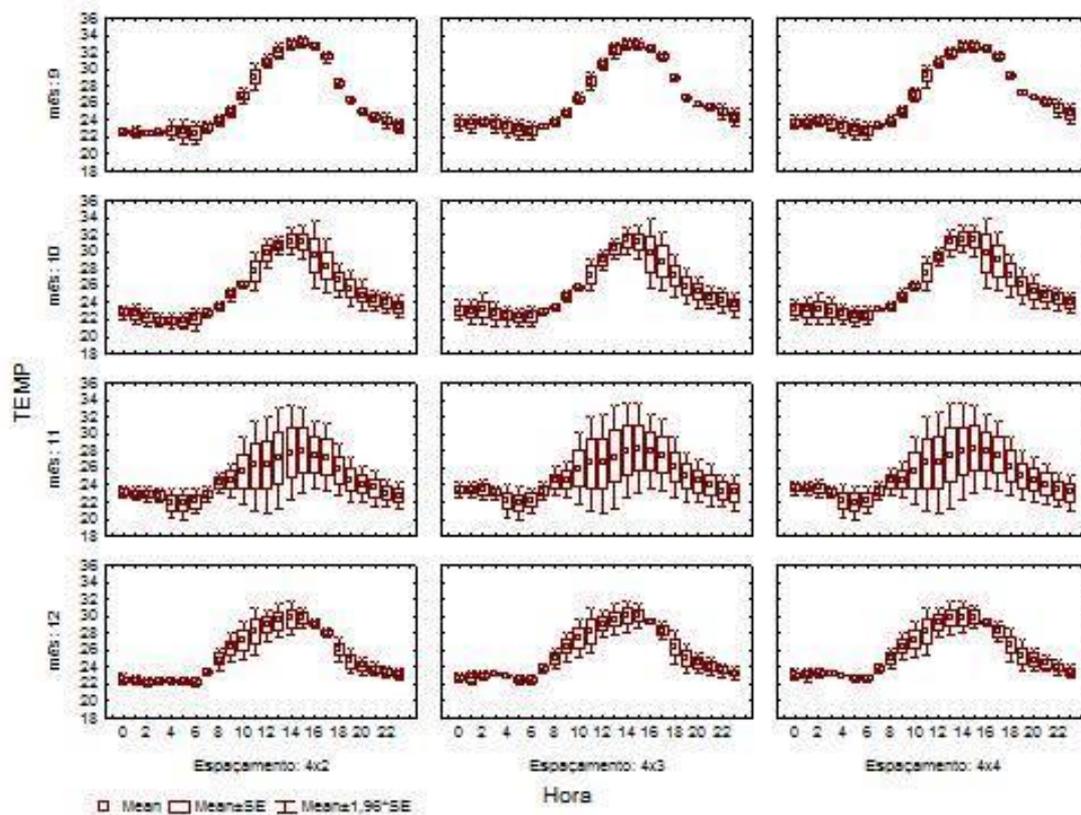
É importante ressaltar que o tratamento com maior espaçamento (4mx4m) apresentou maiores valores de temperaturas máximas, provavelmente por sua maior exposição aos ventos e ao sol, dados que corroboram com Kolm (2000) e Jacobs (1988), pois segundo este autor, na vegetação do sub-bosque o dossel arbóreo e a serapilheira reduzem os dois extremos de temperatura que é ocasionado pela interceptação de ondas longas de radiação.

Ao longo de um dia, em condições meteorológicas estáveis, o teor de água na atmosfera e, portanto, a pressão de vapor permanece aproximadamente constante. Ao mesmo tempo, a temperatura apresenta um ciclo diário, com temperaturas máximas para o início da tarde e um mínimo na madrugada (Figura 37 e 38). Desse modo, a pressão do vapor saturado em função da temperatura, apresenta um máximo e mínimo nos mesmos horários que a umidade relativa, porém em horários invertidos.

Analisando o comportamento da temperatura em cada hora dos dias 15, 16 e 17 de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2014, nos três espaçamentos (Figura 37), foi possível confirmar que a temperatura obedece ao mesmo padrão, como descrito acima. No mês de setembro nos três espaçamentos a temperatura segue praticamente o mesmo padrão nos dias estudados, porém quando está mudando do período seco para o

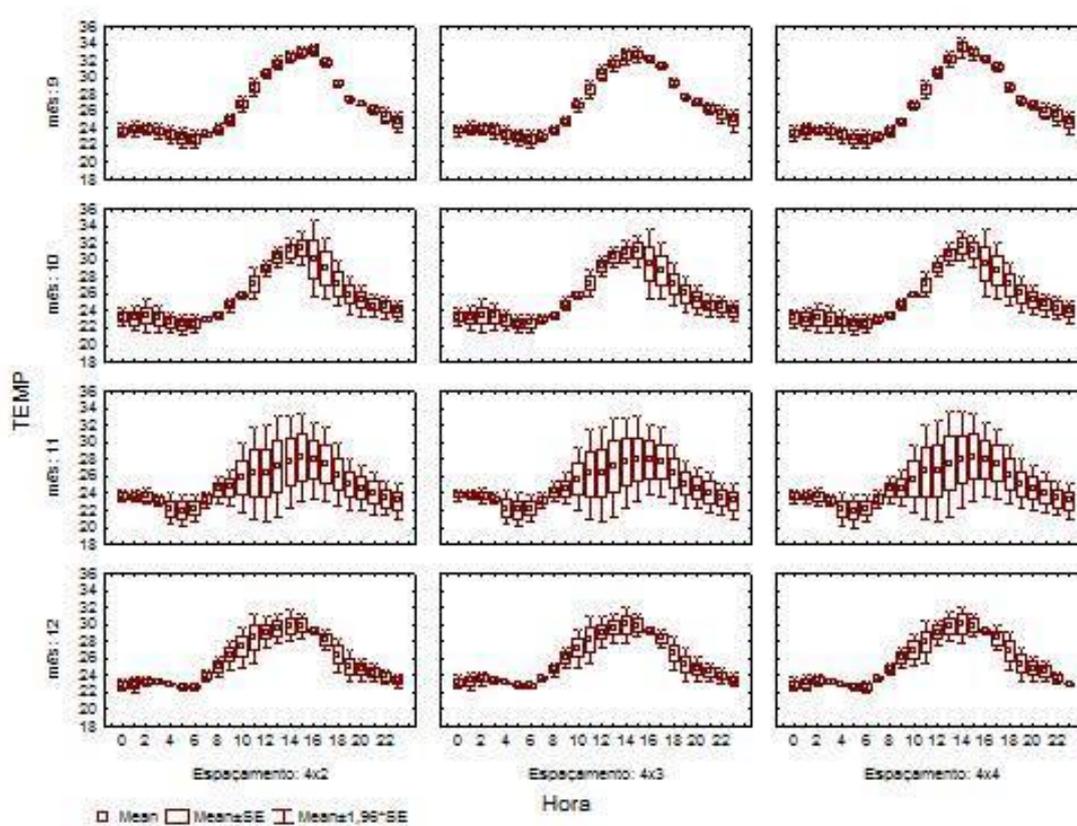
período chuvoso a variabilidade da temperatura começa a aumentar conforme passam os meses, e quando o período chuvoso chega a dezembro a variabilidade torna a diminuir.

Figura 37- Variação média de temperatura da área 1, nos espaçamentos 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m ao longo dos dias 15, 16 e 17 nos meses de Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro de 2014, de Tachibranco com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gêneseis, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

Figura 38- Variação média de temperatura da área 2, nos espaçamentos 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m ao longo dos dias 15, 16 e 17 nos meses de Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro de 2014, de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantadas na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).

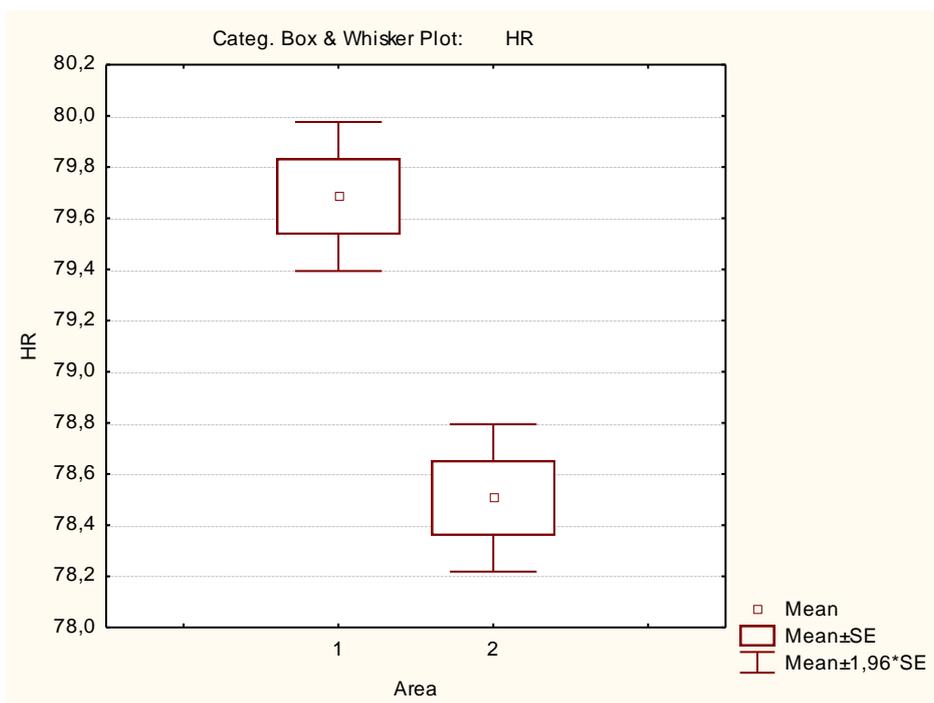


Fonte: Da autora.

4.10.2 Umidade relativa do ar

Foi usada a mesma metodologia da temperatura para a umidade relativa do ar para o presente trabalho. A Figura 39 mostra a variação da umidade relativa para as duas áreas estudadas, no período noturno, devido à diminuição da temperatura, a umidade relativa aumenta até valores próximo 80%. A diferença de valores de umidade relativa nas duas áreas é altamente significativa $p < 0,000$, sendo que a área 1 possui os maiores valores de umidade, e menores para a temperatura. Sua umidade relativa vai de 79,4% até 79,9%. Na área 2 a umidade relativa vai de 78,2% até 78,8%, tal fato pode ter sido ocasionado pela diferença de vegetação ao redor das duas áreas estudadas.

Figura 39- Umidade relativa (HR, %) média nas áreas 1 e 2 de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).

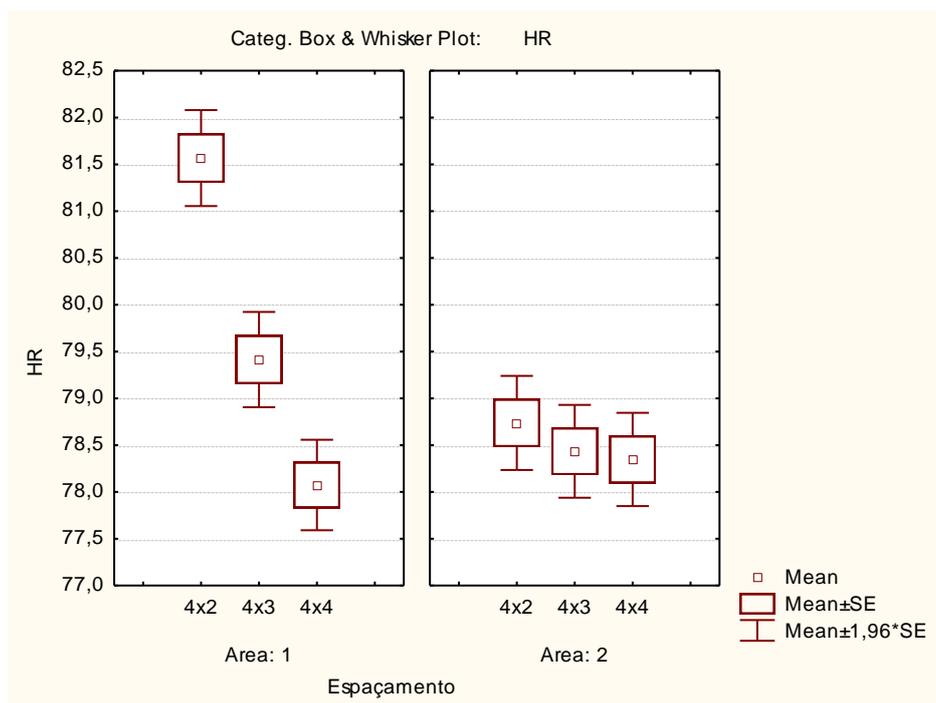


Fonte: Da autora.

A Figura 40 apresenta a variação da umidade relativa em função das áreas estudadas e do espaçamento. Segundo a análise estatística ANOVA, foi possível verificar que existe diferença significativa na área 1, com valor de $p < 0,001$, visto que realmente existe uma drástica diferença da umidade relativa em função do espaçamento. O tratamento 4mx2m se difere bastante do restante, apresentando maiores valores de umidade relativa entre 81,1 a 82,2%, em seguida está o tratamento 4mx3m com variação de 78,9 até 79,9%, mais próximo do tratamento 4mx4m que tem os menores valores de umidade relativa nesta área, com variação entre 77,6 e 78,6%.

Porém a área 2 não apresenta diferença significativa entre os espaçamentos com valor de $P = 0,496$, existe uma leve tendência para a diminuição da umidade relativa em função do espaçamento como maior distribuição entre as árvores, ou seja, quanto menos denso o tratamento estudado menor a sua umidade relativa.

Figura 40- Variação da umidade relativa (HR, %) em função da área (1 e 2) em cada espaçamento de Tachi-branco, com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



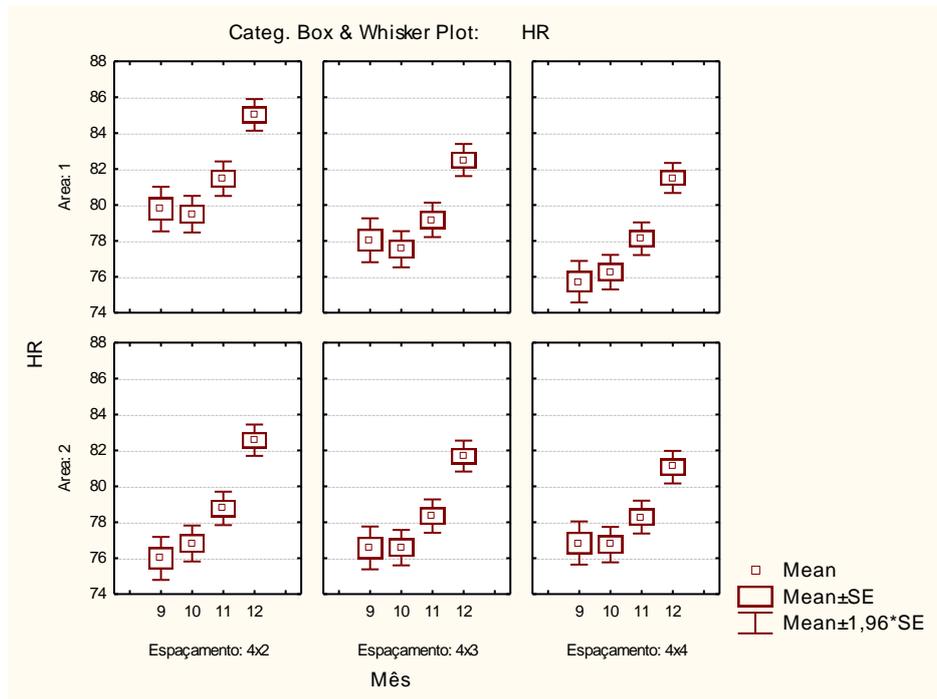
Fonte: Da autora.

A Figura 41 apresenta a umidade relativa nas duas áreas estudadas (área 1 e 2), nos espaçamentos 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m, nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro. Em todos os espaçamentos existe uma tendência de aumento da umidade relativa conforme se aproxima o mês de dezembro, que é o mês do início do período chuvoso na região, conforme a ocorrência de chuva nesse período a temperatura diminui, portanto, aumentando a umidade relativa das áreas em questão.

Na área 1 é possível notar que quanto maior o espaçamento menor é a umidade relativa nos meses estudados, quase não houve diferença entre os meses de setembro e outubro nos três espaçamentos, a umidade relativa aumentou significativamente no mês 11, apresentando variação entre 78,8 até 79,4%. Porém foi no mês 12 que a umidade relativa aumentou drasticamente em relação aos outros meses. Este fato se deve ao início do período chuvoso na região, que tem seu início em dezembro, porém o mês de novembro já começa a ter algumas características, por isso que a umidade relativa começa a aumentar neste mês.

Na área 2, o máximo de umidade relativa ocorreu no espaçamento 4mx2m, apresentado variação entre 81,5 e 83,6%. Os espaçamentos da área 2 seguem o mesmo padrão da área 1, com aumento da umidade relativa em função dos meses estudados.

Figura 41- Umidade relativa (%) em função dos meses (Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro), nos três espaçamentos da área 1 e área 2, de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).

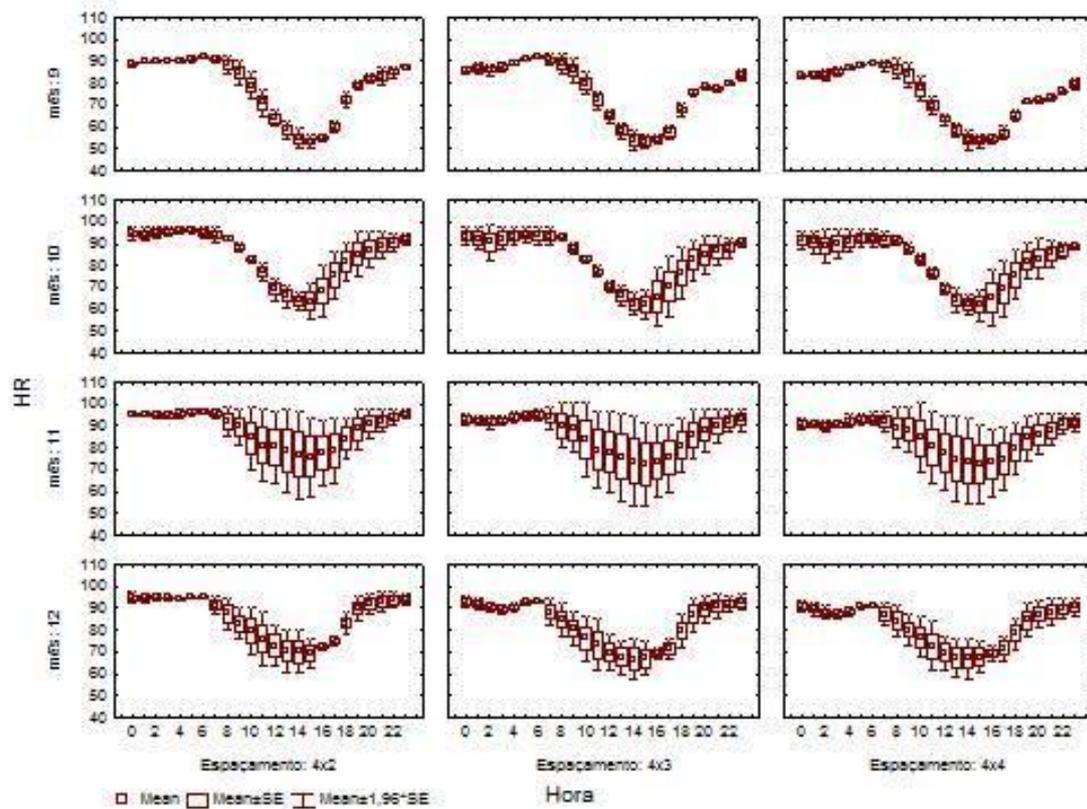


Fonte: Da autora.

A umidade relativa, razão entre pressão de vapor atual e saturado, tem seu valor mínimo quando a temperatura é máxima e vice-versa. As Figuras 42 e 43 mostram como a umidade relativa se comporta ao longo de um dia, pois a temperatura tem ciclos diários apresentados valores máximos para o início da tarde e mínimo na madrugada. Já a umidade relativa apresenta valores máximos na madrugada e mínimo no início da tarde.

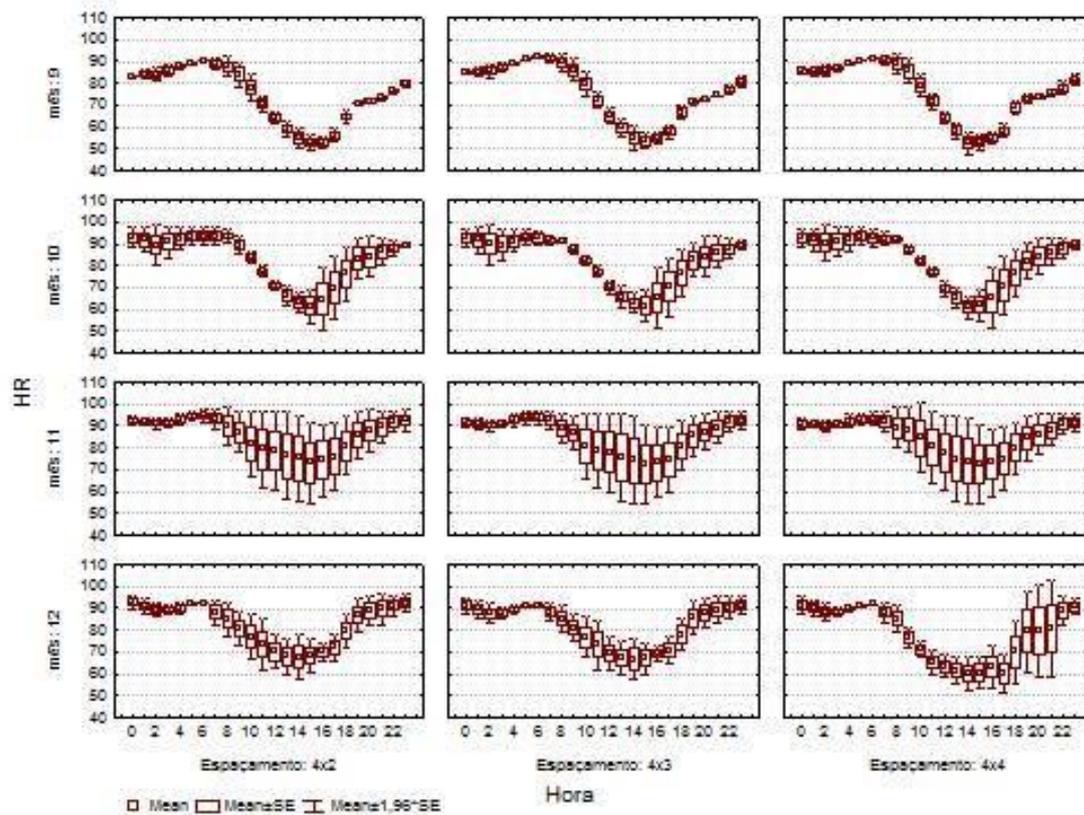
Assim como para a temperatura, foi analisado o comportamento da Umidade relativa em cada hora dos dias 15, 16 e 17 de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2014, nos três espaçamentos, desse modo foi possível confirmar que a umidade relativa obedece ao mesmo padrão, assim como a temperatura, só que de maneira inversa. No mês de setembro nos três espaçamentos a umidade relativa segue praticamente o mesmo padrão com baixa variabilidade nos dias analisados, porém nos meses seguintes outubro e novembro, quando está ocorrendo à transição do período seco para o período chuvoso a variabilidade da umidade relativa aumenta e quando chega dezembro, onde é de fato o período chuvoso a variabilidade diminui.

Figura 42- Variação média de Umidade Relativa (%) na área 1, nos espaçamentos 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m ao longo dos dias 15, 16 e 17 nos meses de Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro de 2014, de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

Figura 43- Variação média de Umidade Relativa (%) na área 2, nos espaçamentos 4mx2m, 4mx3m e 4mx4m ao longo dos dias 15, 16 e 17 nos meses de Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro de 2014, de Tachi-branco com sete anos e meio de idade, plantados na Fazenda Gênese, Dom Eliseu (PA).



Fonte: Da autora.

5 CONCLUSÕES

- Com base nos resultados apresentados pode-se afirmar que os maiores estoques de biomassa e carbono está na componente madeira, tendendo à diminuição para os componentes galhos e folhas nos três espaçamentos. A produção de biomassa total e carbono da parte aérea no espaçamento 4mx2m se deram da seguinte maneira: aproximadamente 74% para o fuste, nos galhos 21% e nas folhas 5%, para o espaçamento 4mx3m foi a mesma proporção, e no espaçamento 4mx4m 76% no fuste, 18% nos galhos e 6% para as folhas.
- O teor de umidade para a plantação de Taxi-Branco é maior para as folhas nos três espaçamentos, no 4mx2m apresentando aproximadamente 41%, em seguida os galhos com aproximadamente 31% e com menor índice de teor de umidade está o fuste com aproximadamente 28%; no espaçamento 4mx3m 42% para as folhas, 31% para os galhos e 27% para o fuste e para o 4mx4m foi à mesma proporção. Em relação ao comprimento do fuste, o DAP apresenta maior teor de umidade seguido da parte apical da planta.
- No espaçamento mais amplo 4mx4m, há maior biomassa ($\approx 0,53$ t) e carbono por árvores do que nos espaçamentos 4mx3m ($\approx 0,46$ t) e 4mx2m ($\approx 0,46$ t) que são mais densos, entretanto, em função do número de árvores presente em cada espaçamento o estoque de biomassa e carbono é maior no espaçamento mais reduzido, 4mx4m (≈ 112 t), 4mx3m (≈ 127 t) e 4mx2m (≈ 187 t).
- As equações com melhores estatísticas foram obtidas no ajuste para a biomassa dos galhos seguida do tronco, e biomassa total. Já para as folhas os resultados foram menos expressivos, pois as equações apresentaram baixo coeficiente de determinação ajustado. Esta baixa precisão nas estimativas deve estar associada à alta heterogeneidade das copas, devido a grande competição das folhas nos espaçamentos mais densos.
- Os resultados mostraram que a inclusão das variáveis explicativas, altura total e DAP na mesma equação são essenciais para fornecer melhor precisão nos resultados das equações de regressão, pois os melhores resultados para a estimativa da biomassa foram obtidos com modelos de equação onde aparecem as duas variáveis combinadas.
- Dos modelos de equações testados, os modelos **4** [(a +b*DAP +c*DAP² +d*DAP²*ALT]; **7** [a +b*DAP² + c*DAP²*ALT + d*DAP*ALT² + e*ALT²]; **8**

$[a+(b*DAP)+(c*DAP^2)+(d*DAP^2*ALT)+(e*ALT)]$; **14** $[a+ b*DAP +c*DAP^2+d*ALT]$ e **18** $[a+b*DAP^2+c* (DAP^2*ALT)d*ALT]$ foram os que apresentaram melhor desempenho.

- O conhecimento de parâmetros relacionados às variáveis microclimáticas é essencial à pesquisa ecológica, esses fatores têm sido apontados como sendo de grande importância para o desenvolvimento de estudos relacionados com a abundância e a diversidade das plantas. Os diferentes tratamentos estudados proporcionaram a constatação da existência de diferenças entre áreas mais ou menos densas quanto a variáveis microclimáticas, como temperatura e umidade relativa do ar.
- Após as análises estatísticas foi comprovado que não houve diferença significativa da temperatura e da umidade relativa em relação aos espaçamentos estudados. A temperatura é um pouco maior nos espaçamentos menos densos e a umidade relativa é menor nestes espaçamentos, ocorrendo o contrário nos espaçamentos mais denso para as duas variáveis, pois elas são variáveis inversamente proporcionais.
- Em relação aos meses estudados houve diferença significativa entre os meses como era esperado, pois a coleta de dados foi feita nos meses de setembro à dezembro, onde é o término do período seco e início do chuvoso, nesse sentido a temperatura cai nos meses de Novembro à Dezembro.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, L. dos S.; BARREIRA NETO, A. J.; FONSECA, K. T. Análise da dinâmica da cobertura vegetal e estocagem de carbono pelo modelo das Cadeias de Markov. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 15, 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1577.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2014.
- ABRAHAMSON, W. G.; GADGIL, M. Growth and reproductive affect in goldenrods solidago (Compositae). **American Naturalist**, Lancaster, v. 107, p. 651-661, 1973.
- ACADEMIA DE CIÊNCIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (ACIESP). **Glossário de ecologia**. 2. ed. São Paulo, 1997. 352 p.
- ALVES, A. M. C. **Quantificação da produção de biomassa e do teor de carbono fixado por clones de eucalipto, no polo gesseiro do Araripe – PE**. 2009. 143 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2007.
- ALVES, L. F.; SANTOS, F. A. M. Tree allometry and crown shape of four tree species in atlantic rain forest, south-east Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 18, p. 245-260, 2002.
- ANDRAE, F.H. **Ecologia florestal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1978. 230 p.
- ARAÚJO, T.M.; HIGUCHI, N.; CARVALHO, J.A. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Pará, Brazil. **Forest Ecology and Management**, n. 117, p. 43-52, 1999.
- ARCHIBALD S, BOND WJ. Growing tall vs. growing wide: tree architecture and allometry of *Acacia karroo* in forest, savanna, and arid environments. **Oikos**, v. 102, p.3–14, 2003.
- AREVALDO, L. A.; ALEGRE, J. C.; VILCAHUAMAN, L. J. M. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002.
- ASHTON, P.M.S. Some measurements of the microclimate within a Sri Lankan tropical rain forest. **Agricultural and Forest meteorology**, v.59, n. 3/4, p. 217-235, jul. 1992.
- ASSMANN, E. **The principle of forest yield study**. New York: Pergamon Press. 1970.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico ABRAF2013: ano base 2012**. Brasília, DF: ABRAF, 2013. 74 p.
- BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A.; SANMIGUEL, A. A. Equações para estimativa de peso da biomassa aérea de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) na idade de corte. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.30/31, p.37-49, jan.-dez. 1995.

BARBEIRO, L. S. S; VIEIRA, G; SANQUETTA, C. R. Equações para estimativa da biomassa individual de *Nectandra grandiflora* ness (Canela-Amarela). **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 4, p. 833-843, 2009.

BAYER, F.; SANTANA, J.; GONÇALVES, P.; CRIBARI-NETO, F. **Comparação de critérios de seleção em modelos de regressão beta**. 2009. Disponível em: <http://emr11.de.ufpe.br/cd/trabalhos/T48.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2014.

BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, C.R. **Ecology: individuals, populations and communities**. 3.ed. Oxford: Blackwell Science, 1996. 1087 p.

BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilidade**. 2000. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2000.

BERNARDO, A. L. **Crescimento e Eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp. sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais**. 1995. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L.P. **Métodos de análises químicas em plantas**. Recife: UFRPE, 2004.165. p

BÖHME, M. T.S. Cineantropometria - componentes da constituição corporal. **Rev. Brasileira de Cineantropometria e desempenho Humano**, v.2, n.1, p. 72-79, 2000.

BOINA, A. **Quantificação de estoques de biomassa e de carbono em Floresta Estacional Semidecidual**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

BOND, W. J.; HONIG, M.; MAZE, K. E. Seed size and seedling emergence: an allometric relationship and some ecological implications. **Oecologia**, Berlin, v. 120, p. 132-136, 1999.

BOTELHO, S. A. Espaçamento. In: SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p. 381-406.

BRITEZ, R. M. de; BORGIO, M.; TIEPOLO, G.; FERRETI, A.; CALMON, M.; HIGA, R. **Estoque e incremento de carbono em florestas e povoamentos de espécies arbóreas com ênfase na floresta atlântica do sul do Brasil**. Colombo: Embrapa, 2006. 165 p.

BROWN, S. **Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer**. Rome: FAO, 1997. 55 p.

BROWN, S; GILLESPIE, A. J.; LUGO, A. Biomass estimation methods for tropical forest with applications to inventory data. **Forest Science**, v. 35, n. 4, p. 881-902, 1989.

- CALDEIRA, M.V.W. **Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes em diferentes procedências de acácia-negra** (*Acacia mearnsii* De Wild.). Santa Maria: UFSM, 1998. 96p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 1998.
- CALDEIRA, M. V. W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma floresta ombrófila mista montana em General Carneiro, Paraná.** 2003. 176 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
- CAMPELLO, E. F. C. Sucessão vegetal na recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Ed.) **Recuperação de Áreas Degradadas.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. p. 183-196.
- CAMPOS, J. C. C.; TREVIZOL JÚNIOR, T. L.; PAULA NETO, F. Ainda, sobre a seleção de equações de volume. **Revista Árvore**, v. 2, n. 9, p. 115-126, 1985.
- CAMPOS, M. A. A. **Balanco de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis*. Avaliação na safra e na safrinha.** 1991. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.
- CARPANEZZI, A. A.; MARQUES, L. C. T., KANASHIRO, M. **Aspectos ecológicos e silviculturais de Tachi-branco-da-terra-firme** (*Sclerolobium paniculatum* Vogel). Curitiba, EMBRAPA-URPFCS, 1983. (EMBRAPA-URPFCS. Circular Técnica, 8).
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília,DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003 (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras,v. 1).
- CASTRO, A. W. V. de; FARIAS NETO, J. T. de; CAVALCANTE, E. da S. Efeito do espaçamento na produtividade de biomassa de Tachi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel). **Acta Amazônia**, Manaus, v. 28. n. 2. p. 141-146. 1998.
- CASTRO, A. W. V. de; YARED, J. A. G.; ALVES, R. N. B.; SILVA, L. S.; MEIRELLES, S. M. L. B. **Comportamento silvicultural de *Sclerolobium paniculatum* (taxi-branco) no Cerrado amapaense.** Macapá: EMBRAPA-UEPAE Macapá, 1990. 4 p. (EMBRAPA-UEPAE Macapá - Comunicado Técnico, 7).
- CASTRO, E.A.; KAUFFMAN, J.B. Ecosystem structure in the Brazilian cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root biomass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**. v. 14, p. 263-283, 1998.
- CHIES, D. **Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da madeira serrada de *Pinus taeda* L.** 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- CLUTTER, J. L.; FORTSON, J. C.; PIENAAR, L. V.; BRISTER, G. H.; BAILEY, R. L. **Timber Management: a quantitative approach.** New York: John Wiley and Sons, 1983. 383 p.

COELHO, V. C. M. **Avaliação do manejo da produção econômica de madeira de *Pinus taeda* L. com características qualitativas superiores.** 2010. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2010.

CORNELISSEN, J. H. C. A triangular relationship between leaf size and seed size among woody species: allometry, ontogeny, ecology and taxonomy. **Oecologia.** v.118. p. 248-255, 1999.

COSTA, L. P. E. da. **Relações biométricas em povoamentos jovens de *Pinus taeda* L. na província de Corrientes, República da Argentina.** 2008. 128 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2008.

DAJOZ, R. **Ecologia geral.** 3 ed. Petrópolis: Vozes, 1978. 472 p.

DALLING, J.W.; LOVELOCK, C.E.; HUBBELL, S. P. Growth responses of seedling of two neotropical pioneer species to simulated forest gap environments. **J. Trop. Ecol.,** v.15, p. 827-839, 1999.

DIAS, L.E.; BRIENZA JUNIOR, S.; PEREIRA, C. A. Tachi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel): uma leguminosa arbórea nativa da Amazônia com potencial para recuperação de áreas degradadas. In: KANASHIRO, M.; PARROTA, J. A. (Ed.). **Manejo e reabilitação de áreas degradadas e florestas secundárias na Amazônia.** Paris: UNESCO, 1995.p. 148-153.

DIÉGUEZ-ARANDA, U.; BARRIO, M.; CASTEDO, F. R. A. D.; ÁLVAREZ GONZALES, J. G.; ROJO, A. **Dendrometría.** Madrid: Mundi Prensa, 2003. 327 p.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis.** 2 ed. New York: J. Wiley & Sons, 1981. 709p.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. **Idade e crescimento das árvores.** Brasília, DF: UFB, 2005. 25 p. (Comunicações Técnicas Florestais, v. 7, n. 1).

FEARNSIDE, P. M. **Florestas energéticas.** Painel Florestal. Disponível em: http://www.academia.edu/1198855/Florestas_Energ%C3%A9ticas. 2008.

FEARNSIDE, P. M.; BARBOSA, R. I.; PEREIRA, V. B. Emissões de gases do efeito estufa por desmatamento e incêndios florestais em Roraima: fontes e sumidouros. **Revista Agro@mbiente On-line.** Boa Vista. v.7, n.1, p. 95-111, 2013.

FERNANDES, M. E. B.; NASCIMENTO, A. A. M.; CARVALHO, M. L. Estimativa da produção anual de serrapilheira dos bosques de mangue no Furo Grande, Bragança-Pará. **Revista Árvore,** Viçosa, v. 31, n. 5, set./ out. 2007.

FERREIRA, D.H.A.A.; DOS SANTOS LELES, P.S.; MACHADO, E.C.; DE ABREU, A.H.M.; ABILIO, F.M. Crescimento de clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em diferentes espaçamentos. **Floresta,** v.44, n.3, p.431-440, 2014.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal.** Santa Maria: UFSM, CEPEFFATEC, 1992.

FISHWICK, R. W. Estudos de espaçamentos e desbastes em plantações brasileiras. **Brasil Florestal**, v. 7, n. 26, p. 13-23, 1976.

FRANCO, A. A. *et al.* **Uso de leguminosas associadas a microrganismos na revegetação de áreas de mineração em Porto Trombetas, PA.** Itaguaí: EMBRAPA-CNPAB, 1996. 71p. (EMBRAPA-CNPAB. Documentos, 27).

GATTO, A., BARROS, N.F., NOVAIS, R.F., SILVA, I.R., LEITE, H.G., VILLANI, E.M.A. Estoque de carbono na biomassa de plantações de eucalipto na Região Centro - Leste do Estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 35, p. 895-905, 2011.

GAYON, J. History of the concept of allometry. **American Zoologist**. v. 40, p. 748-758, 2000.

GIBBS, H.K.; BROWN, S.; NILES, J. O.; FOLEY, J.A. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. **Environment Research Letters**, v.2, 045023 p. 01-13, 2007. doi:10.1088/1748-9326/2/4/045023.

GIVNISH, T. J. Adaptation to sun and shade: a whole plant perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**. v. 15, p. 63-92, 1988.

GLOBAL TERRESTRIAL OBSERVING SYSTEM. **Biomass**. Version 10. Rome: FAO: GTOS, 2009. 18p.

GOLFARI, L. Response of some tropical and subtropical conifers to various site conditions in Brazil. *In*: I.U.F.R.O. CONGRESS, 15., 1971, Gainesville, Florida, U.S.A. [**Proceedings...**]. Gainesville, Florida, U.S.A.

GOMEZ-POMPA, A.; VÁZQUEZ-YANES, C. Estudios sobre sucesion secundaria en los tropicos calidos-humedos: el ciclo de vida de las especies secundarias. *In*: GÓMEZ-POMPA, A. (Coord.). **Regeneracion de selvas**. México: Continental, 1976. p. 579-93.

GUIMARÃES, R. F. Ensaio de espaçamentos em *Eucalyptus saligna*, para produção de lenha. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, v. 9, n. 9, p. 144-172, 1957.

GUIMARÃES, P. S. **Ajuste de curvas experimentais**. Santa Maria: UFSM, 2001. 233p

HIGUCHI, N., CARVALHO Jr, J. A. Fitomassa e conteúdo de Carbono de Espécies Arbóreas da Amazônia. *In*: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO₂: UMA NOVA OPORTUNIDADE PARA O BRASIL, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD : FBDS, 1994. p. 127-153.

HIGUCHI, N.; LIMA, A.J.N.; TEIXEIRA, L.M. **Apostila biometria florestal**. Manaus: INPA, 2006. 140 p.

HIGUCHI, N.; RAMM, W. Developing bole wood volume equations for a group of tree species of Central Amazon (Brazil). **Commonwealth Forestry Review**, v.64, p. 1, p. 33-41, 1985.

HIGUCHI, N., SANTOS, J., RIBEIRO, R.J., MINETTE L.;BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 2, p. 153-166, 1998.

HOPPE, J. M. **Biomassa e nutrientes em *Platanus x acerifolia* (Aiton) Wild. estabelecido no município de Dom Feliciano – RS.** 2003. 143 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

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

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration.**3th. New York: John Wiley e Sons, 1982. 402 p.

HUXLEY, J.S.; TEISSER, G. Terminology of relative grow. **Nature**. v. 137, p. 780-781, 1936.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories.** Hayama, Japan: IPCC/OECD/IEA/IGES, 2000.

JACOBS, M. **The tropical rain forest - a first encounter.** Berlin: Spriner- Verlag, 1988. 295 p.

KARSTENSEN, J.; PETERS, G.P.; ANDREW, R.M. Attribution of CO₂ emissions from Brazilian deforestation to consumers between 1990 and 2010. **Environ. Res. Lett**,v. 8, n. 2, 2013. 024005, doi: 10.1088/1748-9326/8/2/024005.

KIDSON, R.; WESTOBY, M. Seed mass and seedling dimensions in relation to seedling establishment. **Oecologia**, v. 125, p. 11-17, 2000.

KING, D. A. Allometry and life history of tropical trees. **Journal of Tropical Ecology.** Cambridge, v. 12, p. 25-44, 1996.

KOHYAMA, T. Significance of architecture and allometry in saplings. **Functional Ecology.** Oxford. v. 1, p. 399-404, 1987.

KOLM, L. **Ciclagem de nutrientes e variações do microclima em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden Manejados através de desbastes progressivos.** 2000. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000.

KOMIYAMA, A; ONG, E. J; POUNGPARN, S. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. **Aquatic Botany**, n. 89, p. 128-137, 2008.

KOZLOWSKI, T. T; KRAMER, P. J; PALLARDY, S. G. **The physiological ecology of woody plants.** San Diego: Academic Press, 1991. 657 p.

KRONKA, F. J. N; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. **A Cultura do pinus no Brasil.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005.

KUZYAROV, Y; DOMANSKI, G. Carbon input by plants into the soil: review. **Jornaul of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 163, p. 421-431, 2000.

LAAR, A.; AKÇA, A. **Forest mensuration**. Dordrecht: Springer, 2007. 389 p.

LACERDA, J. S.; COUTO, H. T. Z. D.; HIROTA, M. M.; PASISHNYK, N.; POLIZEL, J. L. **Estimativa da biomassa e carbono em áreas restauradas com plantio de essências nativas**. ESALQ, Universidade de São Paulo. 2009. p. 1-23.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; MOREIRA, A. M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**. n. 30. v. 4. p. 603-612. 2006.

LELES, P. S. S. **Crescimento alocação de biomassa e distribuição de nutrientes e uso de água em E. camaldulensis e E. pellita sob diferentes espaçamentos**. 1995. 133 f. Dissertação (Mestrado em Solo e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

LELES, P.S.S. *et al.* Relações hídricas e crescimento de árvores de Eucalyptuscanaldulensis e Eucalyptuspellitasob diferentes espaçamentos na região de cerrado. **Revista Árvore**. v. 22, n. 1, p. 41-50, 1998.

LIMA, R. **Crescimento de *Pinus taeda* L. em diferentes espaçamentos**. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, Paraná, 2010.

LIMA, R. M. B. de. **Crescimento do *Sclerolobiumpaniculatum* Vogel na Amazônia, em função de fatores de clima e solo**. 2004. 194 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

LIMA, R. M. B. Estimativa da biomassa aérea de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. e Bonpl.) em plantios homogêneos no Estado do Amazonas. In: SEMINÁRIO PRODUTIVIDADE AGROPECUÁRIA E BENEFÍCIOS SOCIOAMBIENTAIS DAS PESQUISAS DA EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL. Manaus-AM. **Anais...** Manaus-AM, 2011.

LIMA, L. P. **Modelos aditivos generalizado**: aplicação a um estudo epidemiológico ambiental. 2011. 115f. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2001

LOETSCH, F; ZOHRER.F; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Munich: BLV, 1973. v.2. 469 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 2, 384 p.

_____. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1998. v.2.

MACHADO, S. A.; AGUIAR, L. P.; FIGUEIREDO FILHO, A.; KOEHLER, H. S. Modelagem do volume do povoamento para *Mimosa scabrella* Benth. na região metropolitana de Curitiba. **Revista Árvore**. Viçosa, v.32, n.3, p.465-478, 2008.

MAGALHÃES, J. G. R. Tecnologia de obtenção da madeira. In: PENEDO, W.R. (Comp.). **Uso da madeira para fins energéticos**. Belo Horizonte: CETEC, 1980. p. 56-66. (CETEC. Publicações Técnicas /SPT-001).

MARTINELLI, L. A.; MOREIRA, M. Z.; BROWN, I. F.; VICTORIA, R. L. Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais: o exemplo de uma floresta situada no estado de Rondônia. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO₂: UMA NOVA OPORTUNIDADE PARA O BRASIL, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD; FBDS, 1994. p. 221.

MARTINS, P. John. **Biomassa vegetal, estoque de carbono e dinâmica em um fragmento de floresta ombrófila mista montana**. Guarapuava, 2011, 86 f.

MCCARTHY, J. J. *et al.* (Ed.). Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability: contribution of working group II to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. In: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC, 2001, Cambridge, UK, New York. **Anais...** Cambridge, UK, New York: Cambridge University Press, 2001 p. 1032.

MELLO, S.L.M.; GONÇALVES, J.L.M. Equações para estimar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em sítios com produtividades distintas. **Revista Árvore**, v. 32, n. 1, p. 101-111, 2008.

MIRANDA, D. L. C. de. **Modelos matemáticos de estoque de biomassa e carbono em áreas de restauração florestal no sudoeste paulista**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2008.

MIRANDA, D. L. C.; MELO, A. C. G.; SANQUETTA, C. R. Equações alométricas para estimativa de biomassa e carbono em árvores de reflorestamentos de restauração. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 679-689, 2011.

MOCHIUTTI, S; QUEIROZ, J.A. L. de; MELÉM JÚNIOR, N. J. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes de um povoamento de Tachi-branco e de uma floresta secundária no Amapá. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 52, p. 3-20, jan./jun. 2006.

MORA, A. L. **Interação com espaçamento e locais em clones de *Eucalyptus* spp. no norte do Estado da Bahia**. 1986. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

MORAIS FILHO, A. D.; BRAVO, C. V.; ROQUE, R. A. M.; ANDRADE, W. F. **Utilização de métodos estatísticos em inventário florestal**. Piracicaba: ESALQ, 2003. 27 p.

MULLER, M. D.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; BRITO, J. O. Avaliação de um clone de eucalipto estabelecido em diferentes densidades de plantio para produção de biomassa e energia. **Biomassa & Energia**, v.2, n.3, p. 177- 186, 2005.

NARDUCCI, T. S. **Recuperação de áreas de reserva legal**: influência da densidade nos indicadores ambientais do plantio de *sclerolobium paniculatum* vogel. 2014. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém, 2014.

NIKLAS, K.J. **Plant allometry**: the scaling of form and process. Chicago: The University of Chicago Press, 1994. 395p.

NISHIMURA, T.B.; SUZUKI, E. Allometric differentiation among tropical tree seedlings in heath and peat swamp forests. **J. Trop. Ecol.**, v.17, n. 667-681, 2001.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986. 434 p.

OLIVEIRA, L. C.; COUTO, H. T. Z.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. Efeito da exploração de madeira e tratamentos silviculturais na composição florística e diversidade de espécies em uma área de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará. **Scientia Forestalis**, v. 69, p. 62-76, 2005.

PAIVA, H. N.; JACOVINE, L. A, G; REBEIRO, G. T. **Cultivo de eucalipto em propriedade rurais**. Viçosa - MG: Aprenda Fácil, 2001. p. 66-67.

PARÁ. Secretária de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. **Estatística municipal**: Dom Eliseu. Pará, 2013. 53p.

PARDÉ, D. R. Forest biomass. **Forestry Abstracts**, v. 41, p. 343-362, 1980.

PARRESOL, B. R. Assessing trees and stand biomass: a review with examples and critical comparisons. **For.sci.** v.45, n. 4, p. 573-593, 1999.

PÁSCOA, F.; MARTINS, F.; GONZÁLEZ, R. S.; JOAO, C. **Estabelecimento simultâneo de equações de biomassa para o pinheiro bravo**. 2008.

PEDROSA, T. D; MASCARENHAS, A. R. P; MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M. Estimativa da biomassa em um plantio de *Eucalyptus grandis* na região Centro-Oeste. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 9, p. 1-7, 2013.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.11, p. 1633-1644, 2007.

PEREIRA, B. A. S. Introdução de coníferas no Brasil, um esboço histórico. **Caderno de Geociências**, IBGE, Brasília,DF, v. 4, p. 25-38, 1990.

PRITCHETT, W. L.; WELLS, C. G. Harvesting and site preparation increase nutrient mobilization. In: A SYMPOSIUM ON PRINCIPLES OF MAINTAINING PRODUCTIVITY ON PREPARED SITES, 1978, New Orleans, LA. **Anais...** New Orleans, LA: Forest Service and Southern Region of the Association of State College

and University Research Organizations at Mississippi State University, 1978.

PUENTES, R. S. E. S. **Expansão das florestas plantadas com fins energéticos no Brasil e sua influência nas emissões dos gases de efeito estufa - GEE: análise de dois cenários futuros.** 2010. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

RATUCHNE, Luis Carlos. **Equações alométricas para a estimativa de biomassa, carbono e nutrientes em uma floresta ombrófila.** Guarapuava, 2010.

RAVINDRANATH, N. H.; OSTWALD, M. **Carbon inventory methods. Handbook for greenhouse gas inventory, carbon mitigation and roundwood production projects.** Netherlands: Springer, 2008.

RONDON, E. V. Estudo de *Tectonagrandis* L. f. sob diferentes espaçamentos no estado de Mato Grosso. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30. n. 3. p. 337-341. 2006.

_____. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Duckesob diferentes espaçamentos na região de Mata. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 573-576. 2002.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology.** Belmont: Wadsworth Publishing Co. 1992. 682 p.

SANQUETTA, C. R. Metodologias para determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B.; GOMES, F. dos S. **As florestas e o carbono.** Curitiba: UFPR, 2002. 264 p.

SANQUETA, C. R.; BALBINOT, R. Metodologias para determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B. (Ed.). **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas.** Curitiba: UFPR/Ecoplan, 2004. p. 77-93.

SANQUETTA, C. R. *et al.* Relações individuais de biomassa e conteúdo de carbono em plantações de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no sul do estado do Paraná, Brasil. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 1, n. 3, p. 33-40, jul/set. 2003

SANTOS, J. dos. **Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira.** 1996. 121f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 1996.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Influência da intensidade de desbaste sobre o crescimento em altura de *Pinus elliottii* E. **Ciência Florestal**, v. 3, n. 1, p. 171-184, 1993.

SCHNEIDER, P. R. **Análise de regressão aplicada à engenharia florestal.** Santa Maria: UFSM, 1997. 217p.

SCHUMACHER, M.V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulenses*, *E. grandis* e *E. torelliana*.** 1992. 87f. Dissertação (Mestrado) – ESALQ, Piracicaba, 1992.

SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie *maidenii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 45-53, 2001.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: Universidade Federal de Lavras – UFLA/FAEPE. 1998. 438 p.

SILVA, L. F. G., LIMA, H. C. Mudanças nomenclaturais no gênero *Tachigali* Aubl. (Leguminosae-Caesalpinioideae) no Brasil. **Rodriguésia**, v. 58, n.2, p. 397-401, 2007.

SILVEIRA, P. Estimativa da biomassa e carbono acima do solo em um fragmento de floresta ombrófila densa utilizando o método da derivação do volume comercial. **Floresta**, Curitiba, v. 40. n. 4. p. 789-800. 2010.

SIMÕES, J. W.; BRANDI, R. M.; MALINOVSKY, J. R. **Formação de florestas com espécies de rápido crescimento**. Brasília,DF: IBDF/PNUD/FAO, 1976. 74 p. (Série Divulgação PNUD/FAO/IBDF/BRA-45, 6).

SOARES, T. S.; CARNEIRO, A. C.O.; GONÇALVES, E. O.; LELLES, J. G. Uso da biomassa florestal na geração de energia. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, ano IV, n. 08, p. 01-09, ago. 2006.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. 2.ed. Viçosa. MG: Editora UFV, 2011. 272 p.

SOCHER, L. G. **Dinâmica e biomassa aérea de um trecho de floresta ombrófila mista aluvial no município de Araucária, Paraná**. 2004. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2004.

SOMOGYI, Z.; CIENCIALA, E.; MÄKIPÄÄ, MUUKKONEN, P.; LEHTONEN A.; WEISS, P. Indirect methods of large forest biomass estimation. **Europe Journal Forest Research**, v. 126, n. 2, p. 197-207, fev. 2007.

SOUSA, V. G. de. **Comportamento silvicultural e dinâmica de serapilheira em plantios de duas espécies florestais na Amazônia Oriental brasileira**. 2011. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi e EMBRAPA, Belém, 2011.

SOUZA, C. R. de.; LIMA, R. M. B. de.; AZEVEDO, C. P. de.; ROSSI, L. M. B. **Taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel)**. Manaus, 2004. (Documentos, Embrapa Amazônia Ocidental. n. 34).

SPOSITO, T. C.; SANTOS, F. A. M. Scaling of stem and crown in eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. **American Journal of Botany**. Columbus, v. 88, p. 939-949, 2001.

SPURR, S.H.; BARNES, B. V. **Forest ecology**. 3.ed. New York: Ronald Press, 1980. 571 p.

STERCK, F.J.; BONGERS, F. Crown development in tropical rain forest trees: patterns with tree height and light availability. **J. Ecol.** v. 89, p. 1-13, 2001.

STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M. Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC, 2013, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013. p.1535.

THOMPSON, R.M. **Estimativas de volume, biomassa e carbono para o carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum*) vog. Var.Subvelutinum Benth).** 2009. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília,DF, 2009. 64p

TOTTEN, M. **Getting it right** - emerging markets for storing carbon in forests. Washington, DC: Forest Trends/World Resources Institute, 2000.

URBANO, E. **Quantificação e estimativa da biomassa aérea e do carbono fixado em árvores de bracatingais nativos da região metropolitana de Curitiba.** 2007, 160f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. PR. 2007.

VALERIO, A. F.; WATZLAWICK, L. F.; SANTOS, R. T. dos; SILVESTRE, R; KOEHLER, H. S. Ajuste de modelos matemáticos para estimativa dos distintos componentes de uva do Japão (*Hovenia dulcis* Thund). **Ambiência.** Guarapuava, v.3. n.3. p. 325-336, set/dez. 2007.

VIEIRA, I. C. G.; VEIGA, J. B.; YARED, J. A. G.; SALOMÃO, R. P.; OHASHI, S. T.; BRIENZA JÚNIOR, S. **Bases técnicas e referencias para o programa de restauração florestal do Pará: um bilhão de árvores para a Amazônia.** Belém: IDESP. 2009. 103p.

VISMARA, E. S. **Mensuração da biomassa e construção de modelos para construção de equações de biomassa.** 2009. 102 f.. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, 2009.

WATZLAWICK, L. F. **Estimativa de biomassa e carbono em floresta ombrófila mista e plantações florestais a partir de dados de imagens do satélite Ikonos II.** 2003. 120 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2003.

WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; SANQUETTA, C. R.; CALDEIRA, M. V. W. Teores de carbono em espécies da floresta ombrófila mista. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B. **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas.** Curitiba: AM Impressos, 2004. 205 p.

WEAVER, P. L.; GILLESPIE, A. J. R. Tree biomass equations for the forests of the Luquillo Mountains, Puerto Rico. **Commonwealth Forestry Review.** v. 71, n. 1, p. 35-39, 1992.

WHATLEY, J. M.; WHATLEY, F. R. **A luz e a vida das plantas.** São Paulo: EPU - Ed. da Universidade de São Paulo, 1982. 103 p.

WINK, C. **Estoque de carbono em plantações de *Eucalyptus* sp. implantados em Campo Nativo**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2009. 132p.

WOORTMANN, C. P. I. B. **Equações alométricas, estoque de biomassa e teores de carbono e nitrogênio de campinaranas da Amazônia central**. 2010. 00f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2010.

WRIGHT, I.J.; WESTOBY, M. Understanding seedling growth relationships through specific leaf area and leaf nitrogen concentration: generalisations across growth forms and growth irradiance. **Oecologia**, v. 127. p. 21- 29, 2001.