

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO-SENSU EM
CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS-PPGCIFA**



José Cordeiro Neto

Potencial energético de espécies florestais do sub-bosque em plantios comerciais de Castanha-do-brasil – Estudo de caso: Agropecuária Aruanã S.A

MANAUS/AM

2014

José Cordeiro Neto

Potencial energético de espécies florestais do sub-bosque em plantios comerciais de Castanha-do-brasil – Estudo de caso: Agropecuária Aruanã S.A.

Orientador: Dr. Celso Paulo de Azevedo

Co-Orientador: Dr. Roberval Bezerra Monteiro de Lima

Dissertação apresentada ao Colegiado de Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas.

MANAUS/AM

2014



Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais e Ambientais - PPGCIFA



PARECER
Defesa nº158

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Amazonas, após arguir do mestrando JOSE CORDEIRO NETO, em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "POTENCIAL ENERGÉTICO DE ESPÉCIES FLORESTAIS DO SUB-BOSQUE EM PLANTIO COMERCIAL DE CASTANHA-DO-BRASIL- ESTUDO DE CASO: AGROPECUÁRIA ARUANÃ" é de parecer favorável à APROVAÇÃO do mestrando habilitando-o ao título de Mestre "Magister Scientiae" em Ciências Florestais e Ambientais, na área de concentração em CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS (CIFA).

Pesquisador Doutor Celso Paulo de Azevedo
Pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental
Presidente da banca examinadora

Pesquisador Doutor Roberval Monteiro Bezerra de Lima
Pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental
Primeiro examinador

Pesquisadora Doutora Claudete Catanhede do Nascimento
Pesquisadora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/INPA
Segunda examinadora

Manaus, 16 de Julho de 2014.

Prof. Dr. Marcel José Ferreira
Coordenador do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais - PPG-CIFA

C794p CORDEIRO NETO, JOSÉ
Potencial energético de espécies florestais do sub-bosque em plantios comerciais de Castanha-do-brasil – Estudo de caso: Agropecuária Aruanã S.A. / JOSÉ CORDEIRO NETO. 2014
71 f.: il. color; 29,7 cm.

Orientador: Celso Paulo de Azevedo
Coorientador: Roberval Monteiro Bezerra de Lima
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Lenha. 2. Poder Calorífico. 3. Produção de Energia. 4. Biomassa. I. Azevedo, Celso Paulo de II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

DEDICATÓRIA

Dedico a realização deste trabalho e todo o meu empenho e luta durante os anos da pós-graduação Deus, a minha família, aos meus amigos e *In Memoriam Joventina Santos da Costa..*

Agradecimentos

A Deus, pela oportunidade que me foi dada de vivenciar a pós-graduação e pela graça de ter me permitido concluir este trabalho.

A todos que de alguma maneira me ajudaram a concluir este trabalho e me deram o incentivo para levá-lo adiante.

Aos meus pais pelo incentivo moral e que fizeram que pudesse concluir o curso.

A pessoa que teve a maior compreensão com as ausências e me deu forças quando não tinha, minha noiva Mayara Moraes, amo você!

Aos meus amigos e companheiros do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, principalmente a Roza Passos e Francisco Itamar entre outros que me acompanharam nessa jornada.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da UFAM, que nos guiaram pelos caminhos do conhecimento e da floresta, principalmente ao meu orientador Dr. Celso Paulo de Lima e co-orientador Roberval Lima.

A Embrapa pelo apoio para que eu pudesse realizar as pesquisas de campo, sem esse apoio não seria possível realizar este trabalho.

A Agropecuária Aruanã S.A pelo o apoio em hospedagem, pessoal, em especial ao Jhonatam que nos ajudou de todas as formas, e a disponibilidade do local para a realização.

Resumo

Potencial energético de espécies florestais do sub-bosque em plantios comerciais de Castanha-do-brasil – Estudo de caso: Agropecuária Aruanã - Este estudo tem como finalidade caracterizar as espécies de uma vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha-do-brasil *Bertholletia excelsa* H&B de propriedade da Agropecuária Aruanã S.A., localizada no Município de Itacoatiara – AM, para a produção de energia. A madeira destinada para fins energéticos deve basear-se, entre outros, no conhecimento do seu poder calorífico e no seu potencial para produção de biomassa, portanto, é necessária uma análise de seu potencial energético. Na vegetação foi realizado o inventário florestal que resultou em uma média de 880,89 ind/ha, um volume de madeira de 96,86 m³/ha, área basal de 8,49 m²/ha e biomassa de 21,03 ton/ha. Os parâmetros fitossociológicos da vegetação foram estimados pelo IVIA (Índice do Valor de Importância Ampliado) e posteriormente selecionados nove espécies com os maiores valores do IVIA para a caracterização energética das espécies, ajuste dos modelos para volume de madeira, biomassa e fator de empilhamento. Conclui-se que as espécies que mais se destacaram na composição florística foram goiaba de anta (*Bellucia dichotoma* Cogn) e lacre (*Vismia guianensis* (Aubl.) Pers.), em que dominaram o ambiente com praticamente 50% do valor do IVIA. Também tiveram suas características de densidade básica e poder calorífico, favoráveis a produção de energia. Recomenda-se estudar o sistema de produção (fenologia, produção de mudas, época de plantio, espaçamento e tratamentos culturais) dessas espécies, pois são nativas, de crescimento rápido, e adaptadas ao ambiente da região.

Palavras-Chave: Lenha; Poder Calorífico e Produção de Energia

Abstract

Energy potential of forest species of the understory in commercial plantations of Brazil-nut case study: Agropecuaria Aruanã S.A. –This study aims to characterize the species of the understory vegetation of a planting of Brazil nuts *Bertholletia excelsa* H & B owned by Agropecuaria Arowana S.A., located in the municipality of Itacoatiara-AM, for energy production. The wood intended for energy purposes should be based, inter alia, on the knowledge of its calorific value and in its potential for production of biomass is therefore required an analysis of its energy potential. In vegetation forest inventory was held which resulted in an average of 880.89 ind/ha, a wood volume of 96.86 m³/ha, basal area of 8.49 m²/ha and biomass of 21.03 ton/ha. The phytosociological parameters of vegetation were estimated by the EIVI (Expanded Importance value index) and subsequently selected nine species with the highest values of EIVI for characterization of energy, adjusting templates for wood, biomass volume and stacking factor. It is concluded that the species that have stood out in floristic composition were guava of anta (*Bellucia dichotoma* Cogn) and lacre (*Vismia guianensis* (Aubl.) Pers.), in which dominated the environment with almost 50% of the value of EIVI. Also had their basic density and characteristics of calorific power, favorable energy production. It is recommended to study the production system (phenology, seedling production, planting, spacing and cultural treatments) of these species, as are native, fast-growing, and adapted to the environment of the region

Keywords: Firewood; Calorific Power and Energy Production

SUMÁRIO

Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xiii
1. Introdução	1
2. Objetivos	5
2.1. Geral	5
2.2. Específicos	5
3. Revisão Bibliográfica	6
3.1. Composição Florística	6
3.2. Estimativas de Parâmetros Fitosociológicos	6
3.3. Inventários Florestais em Florestas Secundárias	7
3.4. Biomassa florestal	8
3.5. Estimativas de biomassa em florestas secundárias	9
3.6. Teor de Umidade	9
3.7. Densidade Básica	10
3.8. Poder Calorífico	11
4. Material e Métodos	12
4.1. Localização e Caracterização da Área	12
Vegetação	13
Clima	13
Solos	13
Área de Estudo	14
4.2. Inventário Florestal	15
4.2.1. Coleta de Dados da Vegetação do Sub-bosque	15
4.2.2. Sistema de Amostragem	15
4.2.3. Estimativa dos parâmetros Estatísticos	15
4.2.4. Estimativa do Volume e Biomassa do Inventário Florestal	19
4.3. Composição Florística	20
4.3.1. Quociente de Mistura de Jentsch (QM)	20
4.3.2. Diversidade florística	20

4.3.3. Estimativa do Índice do Valor de Importância	21
4.3.4. Estimativa do Índice do Valor de Importância Ampliado (IVIA)	22
4.4. Potencial Energético	23
4.4.1. Fator de Empilhamento para nove espécies de maior IVIA.....	23
4.4.2. Biomassa para as espécies de maior IVIA	25
4.4.3. Determinação do teor de umidade de nove espécies com maior IVIA ...	26
4.4.4. Determinação da Densidade básica de nove espécies de maior IVIA ...	26
4.4.5. Poder Calorífico de nove espécies de maior IVIA.....	27
4.4.6. Caracterização de nove espécies para produção de energia.....	27
4.4.7. Modelos matemáticos para as nove espécies de maior IVIA.....	28
5. RESULTADOS	30
5.1. Inventário Florestal	30
5.2. Composição Florística	31
5.2.1. Estimativas dos parâmetros Estrutura Horizontal	34
5.2.2. Parâmetros Fitossociológicos da Estrutura Vertical	36
5.2.3. Índice do Valor de Importância Ampliado.....	40
5.3. Distribuição Diamétrica	41
5.4. Potencial Energético	42
5.4.1. Fator de Empilhamento para as nove espécies de maior IVIA	42
5.4.2. Teor de Umidade.....	43
5.4.3. Biomassa das espécies de maior IVIA	44
5.4.4. Equações de volume.....	48
5.4.5. Caracterização da densidade e do poder calorífico de nove espécies para produção de energia	50
6. CONCLUSÃO	51
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

Lista de Figuras

Figura 1 - Oferta Interna de Energia no Brasil – OIE em porcentagem	3
Figura 2 - Área da propriedade Agropecuária Aruanã S.A. dividida em três fazendas, totalizando 14.310,34 ha, no município de Itacoatiara – AM.....	12
Figura 3 - Croqui da área do projeto denominada Poraque 1A, na Fazenda Aruanã, Itacoatiara – AM.....	14
Figura 4 - Vegetação do sub-bosque do plantio de Castanha-do-brasil no espaçamento de 10 m x 10 m com 26 anos de idade, localizado na Agropecuária Aruanã S.A. no Município de Itacoatiara-AM	15
Figura 5 - Croqui da parcela amostral de 50 m x 50 m do inventário florestal das espécies do sub-bosque do plantio de Castanha-do-brasil com espaçamento 10 m x 10 m.	15
Figura 6 - Volume de madeira empilhada para calcular o fator de empilhamento.	24
Figura 7 – Cubagem rigorosa das árvores pelo método de Smalian.	24
Figura 8 - Pesagem dos compartimentos das árvores para obtenção do peso fresco; (A) Pesagem do fuste; (B) pesagem dos galhos grossos da copa; (C) desfolha da copa e (D) pesagem dos galhos finos, de uma vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacoatiara - AM.	26
Figura 9 – Medidor de Densidade DSL 190, em que foram medidas as densidades básicas de nove espécies da vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacoatiara-AM.....	27
Figura 10 - Distribuição das dez famílias com maior número de indivíduos da vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil, no Município de Itacoatiara-AM	33
Figura 13 Distribuição do número de indivíduos das espécies com o maior valor de IVI da vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil na Agropecuária Aruanã S.A. no município de Itacoatiara - AM	36
Figura 12 - Distribuição diamétrica da vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacoatiara - AM (A) distribuição número de indivíduos ; (B) distribuição da área basal; (C) distribuição do Volume de Madeira e (D) distribuição da Biomassa Florestal	42
Figura 15 - Contribuição da biomassa fresca acima do nível do solo de cada compartimento (tronco, galho grosso, galho fino, folhas e frutos) de uma vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacoatiara – AM. (A) - todas as espécies; (B) – Amarelinho; (C) – Breu-Branco; (D) - Canela de Garça; (E) –	

Envira; (F) – Goiaba de Anta; (G) - Goiaba de Anta Branca; (H) - Lacre; (I) – Loro Capoeira; (J) – Parapara.....	45
Figura 14 - Análise gráfica dos resíduos das equações ajustadas, para estimar a biomassa seca de nove espécies florestais de uma vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacoatiara - AM.	47
Figura 15 - Análise gráfica dos resíduos das equações ajustadas, para estimar o volume de madeira de nove espécies florestais de uma vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacoatiara - AM.....	49

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Estimativa de biomassa em florestas secundárias na Amazônia.....	9
Tabela 2- Valores tabelados para que as espécies sejam propícias para a produção de energia	28
Tabela 3 - Modelos matemáticos de simples e dupla entrada que serão testados para estimar o volume de madeira e a biomassa.....	28
Tabela 4 – Resultado do inventário florestal para área basal e biomassa.....	30
Tabela 5 – Resultado do inventário florestal para área basal e biomassa.....	30
Tabela 6- Lista de espécies encontradas no inventário florestal em uma vegetação do sub- bosque de um plantio de Castanha do Brasil no município de Itacoatiara-AM.....	31
Tabela 7 – Estimativas da Frequência Relativa (Fr), Densidade Relativa (Dr), Dominância Relativa (DoR), Índice do Valor de Cobertura (IVC) e Índice do Valor de Importância (IVI) da vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil na Agropecuária Aruanã S.A. no município de Itacoatiara - AM.....	34
Tabela 8 – Estimativa das Posições Sociológicas das Espécies amostradas no sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil de propriedade da Agropecuaria Aruanã S.A, localizada no Município de Itacoatiara – AM. Em que: n = número de árvores; VF _i = Valor Fitossociológico de cada espécie por estrato; PSA = Posição Sociológica Absoluta; e PSR = Posição sociológica Relativa.....	37
Tabela 9 - Estimativa do Índice do Valor de Importância Ampliado (IVIA) para as espécies amostradas do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacoatiara – AM . Em que IVC = Índice do valor de Cobertura; IVI = Índice do valor de Importância; PSR = Posição Sociológica Relativa; e IVIA = Índice do valor de Importância Ampliado	40
Tabela 10 - Valores do fator de empilhamento das espécies analisadas e a média geral.....	43
Tabela 11 - Valores médios dos teores de umidade em porcentagem e o S – desvio padrão de nove espécies de uma vegetação do sub-bosque de um plantio de castanha do Brasil no município de Itacoatiara-AM.	44
Tabela 12 - Resultado do ajuste das equações para biomassa florestal de uma vegetação do sub- bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacoatiara - AM.	46
Tabela 13 - Resultados dos ajustes das equações para estimar o volume total de madeira de uma vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacoatiara - AM.....	48

Tabela 14 - Caracterização energética de nove espécies da vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil – Valor de referência para densidade – 0,65 g/cm ³ ; valor de referência para o poder calorífico – 4,200 Kcal/kg	50
---	----

1. Introdução

Na atualidade há uma grande procura por fontes de energia sustentáveis, que sejam mais limpas em relação aos combustíveis fósseis, pois são eles os que mais emitem gases que contribuem para o aumento do efeito estufa. Diante disso, a biomassa produzida através da fixação de carbono pode ser transformada em energia renovável por meio de produção de lenha e resíduos vegetais.

De acordo com Couto et al. (2000) a biomassa florestal possui características tais que permitem a sua utilização como fonte alternativa de energia, seja pela queima da madeira, como carvão, aproveitamento de resíduos da exploração e aproveitamento de óleos essenciais, alcatrão e ácido pirolenhoso.

Cerca de 20% da energia consumida no mundo provém de fontes renováveis, sendo que, de 13 a 14% é gerada a partir da biomassa e 6 a 7% é gerada a partir de recursos hídricos. No Brasil, em 1940, 80% da energia consumida era proveniente de biomassa florestal (madeira) e em 1998, apenas 9%, evidenciando que houve um significativo decréscimo na participação da madeira como fonte energética (LIMA & BAJAY, 2000).

O impacto do uso energético de lenha sobre as florestas não está devidamente dimensionado; a FAO (2006) estima que, em 2005, 1,5 bilhão de estéreos foram utilizados como lenha, porém reconhece que existe uma quantidade de madeira retirada ilegalmente que não é contabilizada e, portanto o consumo de lenha é seguramente maior.

A lenha é provavelmente o produto energético mais antigo usado pelo homem e continua tendo grande importância na Matriz Energética Brasileira. Grande parte da lenha produzida no Brasil é transformada em carvão destinado à indústria siderúrgica, sendo este o maior consumidor. O segundo maior consumidor é o setor residencial, onde a lenha é usada, principalmente, para cocção de alimentos e aquecimento. O terceiro maior consumidor de madeira para energia no Brasil encontra-se disperso em uma série de componentes relacionados ao ramo industrial, incluindo indústrias de cimento, química, de alimentos e bebidas, de papel e celulose e cerâmicas. Nesse grupo, o grande destaque situa-se no ramo de alimentos e bebidas e no ramo cerâmico, representando mais de 60% do consumo (BRITO & CINTRA, 2004).

O comércio de lenha e carvão no Brasil em 2011 segundo IBGE, (2012), sendo que a produção de lenha totalizou 37,6 milhões de toneladas com um renda de R\$ 693,4 milhões de reais e a produção de carvão vegetal 1,3 milhões de toneladas com uma renda de R\$ 628

milhões de reais. O estado do Amazonas teve a produção de 1.259.860 m³ de lenha e renda de R\$ 8.768.000,00 representando 3,5% da produção de lenha do Brasil.

Ainda de acordo com o IBGE (2012), o carvão e a lenha provenientes da exploração florestal apresentaram decréscimo em suas produções no ano de 2011 (10,1% e 1,7%, respectivamente) quando comparados com as obtidas no ano anterior. Tais quedas estão relacionadas à atuação de órgãos fiscalizadores e ambientais.

Geralmente o consumo de lenha é afetado por variáveis como nível de desenvolvimento, disponibilidade de florestas, questões ambientais e sua competição econômica com outras fontes energéticas como petróleo, gás natural, eletricidade, etc (BRITO, 2007). Embora seja uma fonte renovável de energia com oferta relativamente alta no mercado (BARBOSA et al., 2004), tem havido uma redução no consumo de lenha no Brasil devido à substituição por outras fontes de energia, como eletricidade e gás liquefeito de petróleo (BEN, 2012).

A madeira destinada para fins energéticos deve basear-se, entre outros, no conhecimento do seu poder calorífico e no seu potencial para produção de biomassa, portanto, é necessário haver uma análise de seu potencial energético (VALE et al, 2000). Um dos parâmetros para avaliação da qualidade da madeira é representado pela sua densidade básica, que está ligada diretamente com as propriedades físicas, mecânicas e anatômicas, podendo assim caracterizar o uso final da madeira (REZENDE et al., 1998).

Os consumidores de lenha do setor industrial também encontraram, além do plantio de florestas, alguns novos nichos de abastecimento para essa demanda, como resíduos florestais, resíduos da indústria madeireira, desmatamento legalizado como vai ocorrer com a duplicação da Rodovia Manoel Urbano, e a Cidade Universitária, limpeza de plantios perenes e de poda urbana.

De acordo com Uligh (2008), existem dois conceitos relacionados aos combustíveis de madeira que são importantes: renovabilidade e sustentabilidade.

A renovabilidade é uma característica, um atributo da fonte de energia, enquanto a sustentabilidade é um atributo do uso que se faz dessa fonte. Uma fonte de energia pode ser renovável, mas não implica que seu uso seja adequado. O uso desta fonte pode ser insustentável e prejudicial para o ambiente. A sustentabilidade deve ser entendida não só do ponto de vista do suprimento, mas também socioambiental.

No Brasil a Oferta Interna de Energia – OIE, em 2012, atingiu o montante de 283,6 milhões de tep - toneladas equivalentes de petróleo, montante 4,1% superior ao de 2011 e

equivalente a 2,1% da energia mundial. Deste total 42,4% de fontes renováveis na matriz energética brasileira, contra apenas 8,2% nos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico - (OECD) e de 13,2% na média mundial, sendo que a oferta de biomassa é 28,6 % do percentual de energias renováveis e a lenha 9,1% da oferta de biomassa conforme a Figura 1. Já o consumo final de energia provenientes do carvão vegetal e da biomassa foi de 13.233 e 65.989 milhões de toneladas equivalentes de petróleo respectivamente, representando 31,26 % do total do consumo final de energia, (BEN, 2012).

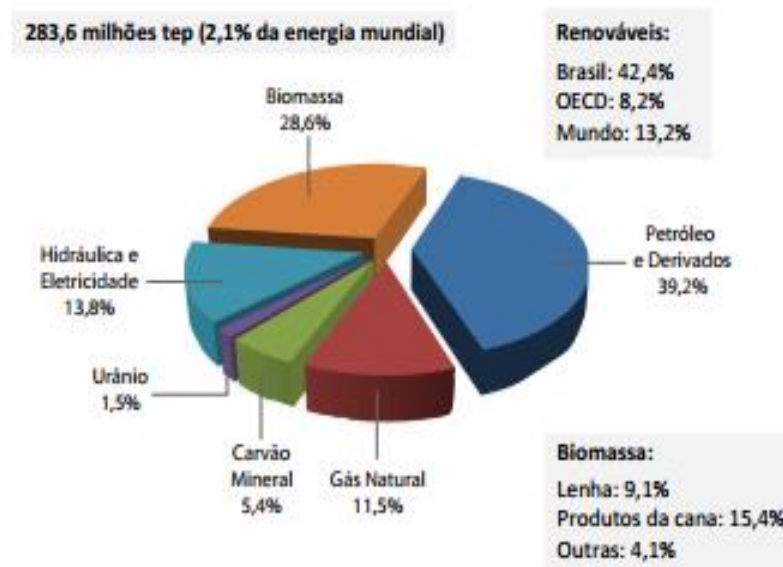


Figura 1 - Oferta Interna de Energia no Brasil – OIE em porcentagem
 Fonte: MME, 2012.

Santos (2006) propôs o uso apropriado de biomassa lenhosa para fins energéticos no Estado do Amazonas em um estudo de caso nos setores madeireiro, oleiro e elétrico e concluiu que para o setor elétrico do Estado, o maior custo de geração de energia através da biomassa foi de R\$ 0,14/kWh, valor inferior às tarifas praticadas no ano de estudo pela CEAM – Companhia Energética do Amazonas, tanto para o setor residencial (R\$ 0,37 kWh), quanto para os setores comercial e industrial, ambos com R\$ 0,21 kWh. E sugeriu que outros estudos fossem realizados para identificar características importantes tais como identificar espécies lenhosas com crescimento rápido e alto poder calorífico.

Em decorrência do crescente consumo de biomassa florestal oriunda de floresta nativa para fins energéticos, associado ao controle ineficaz da atividade, e a reposição florestal do

recurso praticamente inexistente, foi instalado nos municípios de Manacapuru e Iranduba, com iniciativa da Embrapa, o experimento “Seleção e manejo de espécies florestais para fins energéticos na região de Manaus e Iranduba, AM” com o objetivo de selecionar espécies nativas e/ou exóticas com potencial para produzir lenha, e estudar técnicas de manejo adequadas para a implantação de sistemas de produção de lenha em plantios ordenados.

A Região Metropolitana de Manaus tem uma demanda muito grande de lenha e carvão, principalmente nos municípios de Iranduba com seu polo oleiro na qual carece de lenha para queima nos fornos para a produção de tijolos e telhas e o município de Itacoatiara que tem parte de seu fornecimento de energia elétrica proveniente de combustão da madeira, além de usos em padarias e pizzarias. Desta forma, uso de lenha de origem legal é fundamental para abastecimento desses polos, com isso a capoeira pode ser uma fonte importante de lenha.

Diante disso, a Agropecuária Aruanã S.A possui áreas de plantio de Castanha-do-brasil que possuem uma vegetação que cresceu espontaneamente, com potencial para produção de lenha para fins energéticos de origem legal, porém essas espécies não tem seu potencial energético conhecido.

Este trabalho de pesquisa é parte de um projeto maior, com o qual o integra e tem relações e ajuda financeira, que é o “Projeto de Pré-melhoramento, ecofisiologia e desenvolvimento de tecnologias de manejo para a implantação da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo na Amazônia, no plano de ação ecofisiologia de castanheiras em sistemas de cultivo na Amazônia”, conduzido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Amazônia Ocidental).

2. Objetivos

2.1. Geral

Determinar o potencial energético de espécies do sub-bosque em um plantio comercial de Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H&B).

2.2. Específicos

- a) Analisar a composição florística e estrutura fitossociológica do povoamento para fins energético área;
- b) Estimar abundância, área basal e biomassa da parte aérea das espécies por hectare;
- c) Estimar modelos do volume e biomassa para nove espécies com maior valor do Índice de Valor de Importância Ampliado (IVIA);
- d) Avaliar o potencial energético das nove espécies de maior IVIA

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Composição Florística

A fitossociologia é uma das ferramentas utilizadas para a caracterização da diversidade biológica e da estrutura das populações e comunidades num determinado ecossistema. O estudo fitossociológico fornece informações sobre a estrutura da comunidade de uma determinada área, além de possíveis afinidades entre espécies ou grupos de espécies, acrescentando dados quantitativos a respeito da estrutura da vegetação (SILVA et al., 2002).

O levantamento fitossociológico tem por objetivo a quantificação da composição florística, estrutura, funcionamento, dinâmica e distribuição de uma determinada vegetação. Normalmente são considerados três grupos de métodos de amostragem fitossociológica: o de parcelas múltiplas (método de parcela), o de parcela única e o sem parcelas (método de distância) (FELFILI & REZENDE, 2003). Nos levantamentos fitossociológicos geralmente são mais empregados os métodos de parcelas múltiplas, que consiste em estabelecer várias parcelas em vários locais da comunidade vegetal.

Para descrever as características da comunidade vegetal é usual utilizar parâmetros fitossociológicos que, em última análise hierarquizam as espécies segundo sua importância na estruturação da comunidade. Diferentes comunidades terão contribuições diferentes de distintas espécies, com relação ao número de indivíduos, sua biomassa ou sua distribuição. Ou seja, duas florestas podem ter a mesma densidade média, altura média, área basal, ou a mesma composição de espécies e mesmo assim apresentar hierarquia de espécies completamente distinta, representando, portanto, comunidades distintas.

3.2. Estimativas de Parâmetros Fitossociológicos

Há uma grande variação de métodos a serem empregados para a análise estrutural da floresta, considerando requisitos básicos estabelecidos internacionalmente. Dentre os métodos utilizados, distinguem-se os processos clássicos de investigação científica para obtenção de informações quali-quantitativas, definidos pelos parâmetros da estrutura horizontal e vertical da floresta.

Os parâmetros utilizados para se estudar a estrutura horizontal da floresta são abundância, frequência, dominância e índice de valor de importância (IVI), enquanto que os

parâmetros posição sociológica, regeneração natural e o índice de valor de importância ampliado (IVIA) são estudados para analisar a estrutura vertical da floresta (FINOL, 1971).

Análises estruturais são necessárias para fazer deduções sobre a origem, características ecológicas e sincológicas, dinamismo e tendências do futuro desenvolvimento das florestas, sendo estes elementos básicos para o planejamento do manejo florestal (JARDIM et al., 2008). Os levantamentos estruturais deverão abranger pelo menos os seguintes itens: estrutura horizontal, estrutura vertical, estrutura paramétrica e estrutura da regeneração natural. Segundo Caraiola & Péllico Neto (2003), os métodos ou procedimentos para levantamento da vegetação, de modo geral, procuram obter informações qualitativas e quantitativas da floresta, tomando como base os parâmetros da estrutura horizontal e vertical, mediante a adequação do tamanho e do número de unidades amostrais com a extensão e grau de complexidade florística da área a ser levantada.

Em um estudo realizado em floresta secundária na zona rural de Manaus, com medição das árvores com DAP maior ou igual a 5 cm, Lima (2001) observou 459 indivíduos arbóreos, distribuídos em 34 famílias botânicas e 53 espécies diferentes, em 10 unidades amostrais (4000 m²). As famílias que mais se destacaram em ordem foram Annonaceae, Melastomataceae e Mimosaceae. E as principais espécies destacadas pelo (IVI) foram embaúba gigante (*Cecropia sciadophylla* Mart. – Cecropiaceae), dima (*Croton lanjouwensis* Jabl. - Euphorbiaceae), piriquiteira amarela (*Laetia procera* (Poepp.) Eichler. – Flacourtiaceae), murici da mata (*Byrsonima crispera* A. Juss. – Malpighiaceae) e as espécies do gênero *Vismia* (Clusiaceae), são marcantes na paisagem da capoeira estudada.

Araújo et al, (2012) comparando a composição florística entre floresta primária e secundária observou que a diversidade florística pelo índice de Shannon (H') foi de 2,95 e o coeficiente de mistura de Jentsch (QM); 1:6,09 na floresta secundária. Espírito Santo et al. (2005), estudando uma floresta secundária na Floresta Nacional do Tapajós no Pará, encontrou valor de H' igual a 4,09 indicando uma alta diversidade.

3.3. Inventários Florestais em Florestas Secundárias

Nos inventários florestais realizados em florestas secundárias na Amazônia tem se estudado indivíduos com DAP maior ou igual a 5 cm e medindo a altura comercial e total das árvores, as unidades amostrais são de 2.500 m². As determinações dos volumes das árvores são feitos através de equações de volumes que foram desenvolvidas para a área de estudo ou com

equações que foram desenvolvidas para outras áreas, mas que possuem características parecidas com a área em estudo.

Alvino et al (2005), realizou um inventário florestal para avaliar o potencial de uso das espécies de uma floresta secundária, por amostragem, onde foram delimitadas sistematicamente 6 parcelas de 50 x 50m (2500 m²), divididas em 25 subparcelas de 10 x 10m (100 m²) cada, com área total amostral de 1,5 ha, onde foram incluídos na amostragem todos os indivíduos arbóreos vivos, com diâmetro a 1,30 m acima do solo (DAP) igual ou superior a 5 cm. Além do diâmetro, outra variável foi observada, a altura foi estimada com auxílio de uma vara de dois metros.

Lisboa (1989) ao realizar um estudo florístico em 0,5 hectares de floresta secundária de aproximadamente 15 anos, na BR-364 (Cuiabá-Porto Velho), Estado de Rondônia, comenta que a constituição florística mostra um povoamento com espécies que podem ser aproveitadas economicamente pelos seus colonos, se estes conhecessem os potenciais de utilização das espécies, porém complementa que muitas espécies, como *Acacia polyphylla*, *Bagassa guianensis*, *Caryocar glabrum*, *Cedrela odorata*, *Couratari guianensis*, *Schizolobium amazonicum* etc., já são de utilização conhecida na construção civil e naval.

3.4. Biomassa florestal

As estimativas de biomassa, atualmente disponíveis na literatura, dos diversos tipos florestais da Amazônia, vêm de estudos que se utilizam métodos diretos e indiretos. O método direto consiste na derrubada e pesagem de todas as árvores que ocorrem em parcelas fixas, fornecendo estimativas, que segundo Brown et al. (1990), não são confiáveis porque se baseiam em poucas parcelas, pequenas e tendenciosamente escolhidas. No método indireto, as estimativas têm sido produzidas a partir de dados de inventários florestais, que foram executados com a finalidade de planejar a exploração e o manejo florestal, sendo o volume da madeira, a principal variável. Neste método, a biomassa é estimada a partir do volume da madeira, usando-se a densidade média da madeira e um fator de correção para árvores com DAP < 25 cm.

Estes dois métodos ainda são bastante discutidos entre os autores, os quais dividem suas opiniões sobre qual a melhor forma de se estimar a biomassa. A literatura mostra que há diferenças nas estimativas até quando se usa o mesmo banco de dados. O único consenso é que é impossível determinar a biomassa de cada árvore pelo método direto. Por isso é necessário realizar as análises de regressão para gerar modelos estatísticos que possam ser aplicados para

estimar biomassa em regiões maiores (FEARNSIDE, LEAL FILHO, FERNANDES, 1993; HIGUCHI et al., 1998).

3.5. Estimativas de biomassa em florestas secundárias

Guimarães (1993) encontrou um valor de aproximadamente 12 t ha⁻¹ de biomassa para áreas de florestas secundárias de dois anos de idade, após o uso prévio de solo por 10 anos. Por sua vez, Uhl et al. (1988) encontraram 80 t ha⁻¹ para uma capoeira de 10 anos, cujo solo foi utilizado como pastagem durante um período de quatro anos. López et al. (2002) concluem que o peso seco da biomassa aérea, estimada em 34 parcelas, com 124 espécies chegou a 220 t ha⁻¹, em 30 anos, o qual representa 112 Mg ha⁻¹ de carbono. Steininger (2000) sugere um crescimento médio de 9-10 Mg ha⁻¹ano⁻¹ em áreas de florestas secundárias jovens até 12 anos de idade na Amazônia.

As estimativas de florestas secundárias de cinco, 10 e 20 anos são respectivamente 13,44 e 81 Mg ha⁻¹ (SALOMÃO *et al.*, 1996). Em pastagens abandonadas de Paragominas (PA), as estimativas variam de 0,2 a 74 Mg ha⁻¹, de acordo com a intensidade do uso do solo (UHL *et al.*, 1988). Nas áreas estudadas por Lima (2001) as estimativas de biomassa para capoeiras de 6, 10 e 25 anos foram aproximadamente, 26, 56 e 110 Mg ha⁻¹, respectivamente. Outras estimativas de biomassa em florestas secundária foram realizadas pelo mesmo autor, (Tabela 1).

Tabela 1 - Estimativa de biomassa em florestas secundárias na Amazônia

Localidade	Biomassa (Mg ha ⁻¹)
Manaus	64,2
Alto Rio Negro	43,9
Paragominas	59,9
Altamira	47,5
Distrito Agropecuário	14,0

Fonte: Lima (2001)

3.6. Teor de Umidade

O conteúdo de umidade máximo que uma madeira pode ter para ser queimada no forno está em torno de 65 a 70% em base úmida. Por existir essa umidade, é inevitável que ocorra uma perda de calor nos gases de combustão em forma de vapor de água, uma vez que a umidade da madeira evapora e absorve energia em combustão. A quantidade máxima de água

que a madeira pode ter para entrar em combustão tem sido calculada em aproximadamente 65% na base úmida (o resto corresponde ao material sólido). Desta forma, madeira muito úmida, com teor de umidade acima deste limite, necessita de calorias de origem externa para secar e entrar em combustão (CUNHA et al., 1989; JARA, 1989). A madeira por se tratar de um material higroscópico, ou seja, possui a capacidade de absorver água do ambiente de exposição, o que acarreta perda significativa do seu potencial energético em virtude do gasto de energia ocasionado durante a etapa da secagem do combustível.

Segundo Cunha et al. (1989), é importante que o teor de umidade da madeira a ser usada como combustível seja reduzido, diminuindo assim o manejo e o custo de transporte, agregando valor ao combustível.

O teor de umidade é inversamente proporcional à densidade da madeira, ou seja, quanto maior a quantidade de água, menor a quantidade dos outros elementos químicos da madeira – celulose, hemicelulose e lignina (FOELKEL et al. 1971).

3.7. Densidade Básica

A densidade básica é um importante parâmetro para avaliação da qualidade da madeira, sendo uma variável complexa, pois resulta da combinação de diversos fatores como dimensão das fibras, espessura da parede celular, volume dos vasos e parênquimas, proporção entre madeira do cerne e alburno e arranjo dos elementos anatômicos (FOELKEL et al.1971).

Segundo Cunha et al. (1989), não há correlação entre a densidade básica e o poder calorífico. Entretanto, em relação ao volume de madeira a ser queimada, a densidade está positivamente ligada ao conteúdo calórico da madeira, estimulando o interesse de madeiras pesadas para a queima. Com relação ao carvão vegetal, a densidade da madeira se correlaciona positivamente com a densidade do carvão vegetal, ou seja, quanto mais densa for a madeira mais denso será o carvão vegetal (BARRICHELO, 1980)

Segundo Vale et al (2002), ao se utilizar madeira de baixa densidade para a produção direta de calor, haverá uma queima rápida e menor produção de energia por unidade de volume, ao contrario do que ocorre com madeiras de maiores densidades. Os mesmos autores sugerem que a faixa intermediária entre madeiras médias e madeiras duras, variando a densidade básica de 0,65 a 0,80 g/cm³ para que a madeira seja usada em forma de lenha, com o intuito de facilitar o início da queima.

3.8. Poder Calorífico

O poder calorífico da madeira consiste na quantidade de calorias liberadas na combustão completa de uma unidade de massa do combustível. A unidade mais usada no Brasil para combustíveis sólidos é a kcal/kg ou cal/g. para combustíveis gasosos é cal/m³. Sua determinação pode ser teórica pelo conhecimento da composição química do combustível ou experimental com o auxílio da bomba calorimétrica. O poder calorífico superior (PCS) é aquele obtido na bomba calorimétrica a partir do combustível seco. O poder calorífico inferior (PCI) é aquele calculado a partir do PCS considerando o teor de umidade a que se encontra o combustível.

O poder calorífico expressa à capacidade de geração de energia de um combustível durante a sua combustão. Sua unidade de medida é quilocaloria (Kcal) por quilo (Kg) ou calorias (cal) por grama (g) de combustível. O poder calorífico inferior é a energia efetivamente disponível por unidade de massa de combustível após deduzir as perdas com a evaporação da água (JARA, 1989).

A madeira possui poder calorífico variável, dependendo da espécie. Madeiras de coníferas possuem poder calorífico superior médio de 5.200 cal/g, enquanto que as madeiras de folhosas possuem poder calorífico superior médio de 4.500 cal/g. A composição química é a responsável por essa variação, estando relacionada diretamente aos teores de lignina, cinzas e extrativos (TRUGILHO, 2005).

Quirino et al (2004), analisando 258 espécies nativas, constatou-se que o poder calorífico médio da madeiras variou entre 4.685 e 4.736 kcal kg⁻¹, ou seja, um poder calorífico médio de 4.710 kcal kg⁻¹, com coeficiente de variação que pode ser considerado muito baixo.

Barros *et al*, (2009) estudando a densidade básica e o poder calorífico de duas espécie em um plantio na Estação Experimental da EMBRAPA no município de Iranduba, determinarm o poder calorífico para *A. auriculiformis* (4383,65 kcal/kg) e *O. paraenses* (4381,24 kcal/kg).

4. Material e Métodos

4.1. Localização e Caracterização da Área

A Fazenda Aruanã possui três áreas que compõem a área total da fazenda que é 14.310,34 hectares conforme a Figura 2, localizada na Rodovia AM 010 - Torquato Tapajós (Manaus-Itacoatiara), km 213, com coordenadas geográficas correspondentes a 03°00'29" Sul e 58°49'53" Oeste, município de Itacoatiara, Amazonas (AGROPECUÁRIA ARUANÃ S.A, 2013).

A fazenda possui 3.800 ha de plantios de Castanha-do-brasil para produção de sementes e madeira, e de Pupunheira (*Bactris gasipaes*) para produção de sementes e palmito, possui ainda serviço de reposição florestal para empresas ou pessoas físicas, com atividades madeireiras obrigadas à reposição florestal com 1.257.000 (hum milhão duzentas e cinquenta e sete mil) árvores de Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bompl.) plantadas. Sendo 318.000 árvores enxertadas destinadas a produção de frutos e 939.000 para produção de madeira em plantios adensados

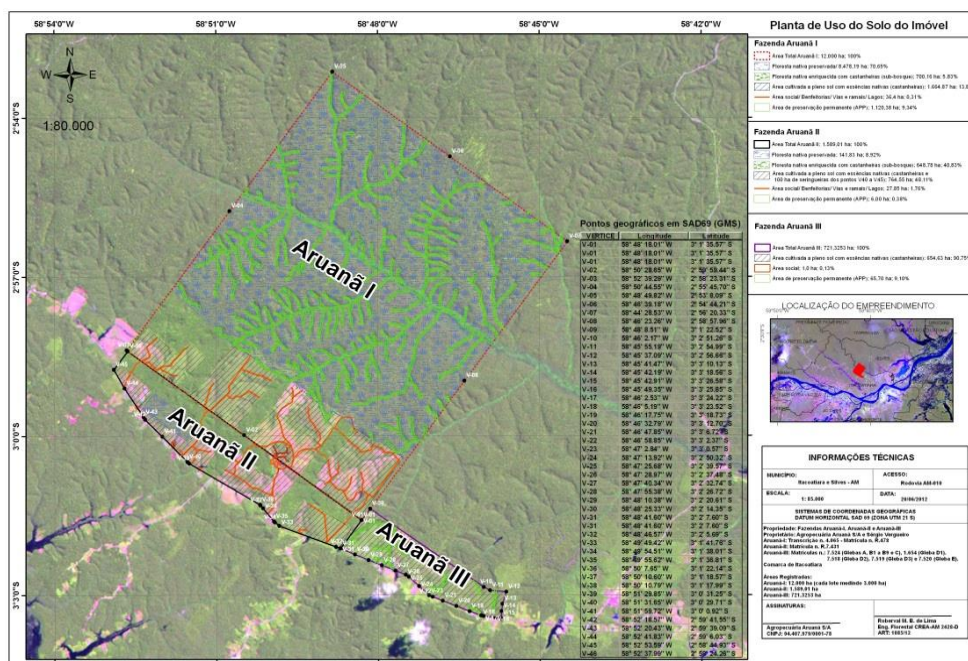


Figura 2 - Área da propriedade Agropecuária Aruanã S.A. dividida em três fazendas, totalizando 14.310,34 ha, no município de Itacoatiara – AM.
 Fonte: Agropecuária Aruanã

Vegetação

No restante da área há predominância de floresta tropical densa de terra firme com formações pioneiras aluviais e áreas de tensão ecológica. Esta floresta caracteriza-se em função de um clima quente com elevada precipitação. Devido às condições de temperatura e umidade elevada, a cobertura vegetal é rica em espécies botânicas, onde se observa vários estratos, formados de plantas herbáceas ou lenhosos, subarbustos, arbustos e finalmente de indivíduos arbóreos (AGROPECUÁRIA ARUANÃ S.A, 2013).

As espécies arbóreas de porte alto mais comuns nessa região são: Jatobá (*Hymenaea spp*), Maçaranduba (*Manilkara sp.*) Matamatá (*Eschweilera sp.*), Copaíba (*Copaiba multijuga*), Cumaru (*Dipterex odorata*), Abiurana (*Micropholis sp.*), Itaúba (*Mezilarus itauba*), Angelim pedra (*Hymenolobium petraeum*), Louros (*Ocotea sp*), etc. e algumas palmeiras como: Inajá (*Maximiliana regia*), Bacaba (*Oenocarpus bacaba*), Murumuru (*Astrocarium murumuru*), etc.; tipos característicos da Floresta Tropical Densa Úmida de Terra Firme (RADAM BRASIL, 1978, 1978).

Clima

O clima do local está classificado, segundo a classificação de Köppen, como Grupo Climático A (Clima Tropical Chuvoso), abrangendo o tipo e variedade climática Amw (chuvas do tipo monções), representando uma variedade do tipo Amw. A precipitação pluviométrica anual é de cerca de 2200 mm, com maior volume nos meses de janeiro a abril e menor volume mensal entre agosto e outubro, onde a precipitação é inferior a 60 mm. A temperatura média é de 26°C e a umidade relativa do ar está em torno de 80% (RADAM BRASIL, 1978).

Solos

Os solos são predominantemente do tipo Latossolo Amarelo Distrófico, com baixa fertilidade natural e alto teor de alumínio, com pH variando entre 4,3 e 4,7, saturação de alumínio entre 85 e 90% e teor de fósforo abaixo de 4 mg/dm³ (Cruz et al, 2006). Os solos do platô são argilosos, os das encostas são argilosos recobertos por uma camada arenosa característica ao Podzólicos Amarelo. Próximo aos cursos d'água encontra-se depósitos de areia quartzo branco.

Área de Estudo

O estudo foi realizado em uma área denominada Aruanã III com 65,32 hectares, reflorestada com *Bertholletia excelsa* H&B no segundo trimestre de 1987, em espaçamento 10m x 10m com 6.532 indivíduos plantados (Figura 3).

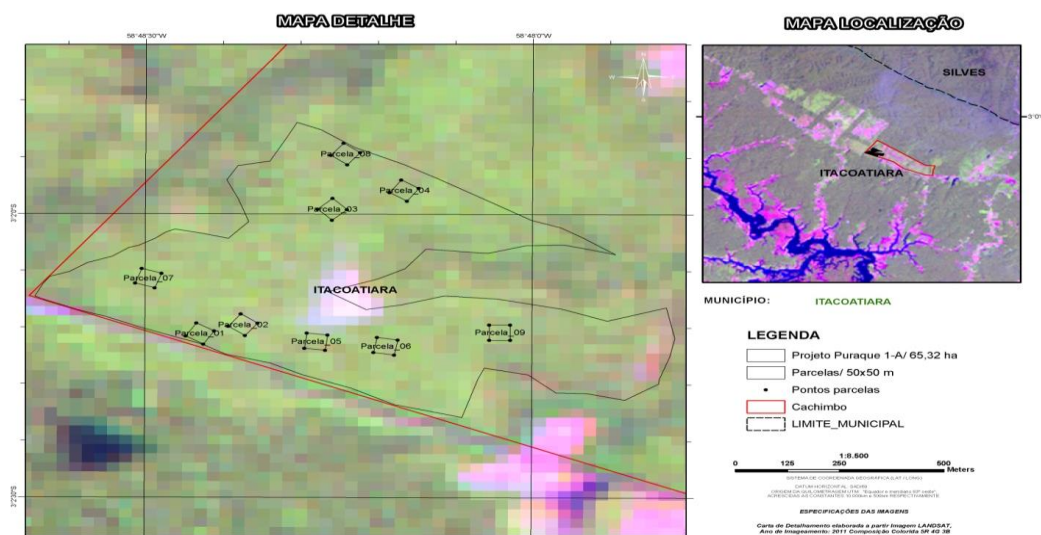


Figura 3 - Croqui da área do projeto denominada Poraque 1A, na Fazenda Aruanã, Itacoatiara – AM

As árvores de Castanha-do-brasil encontram-se com 26 anos de idade e apresentam um bom padrão de homogeneidade no tocante à sobrevivência e ao desenvolvimento das árvores. As espécies do sub-bosque se formaram nas entrelinhas a partir do ano de 1995 e estão competindo com a espécie de interesse (Figura 4).

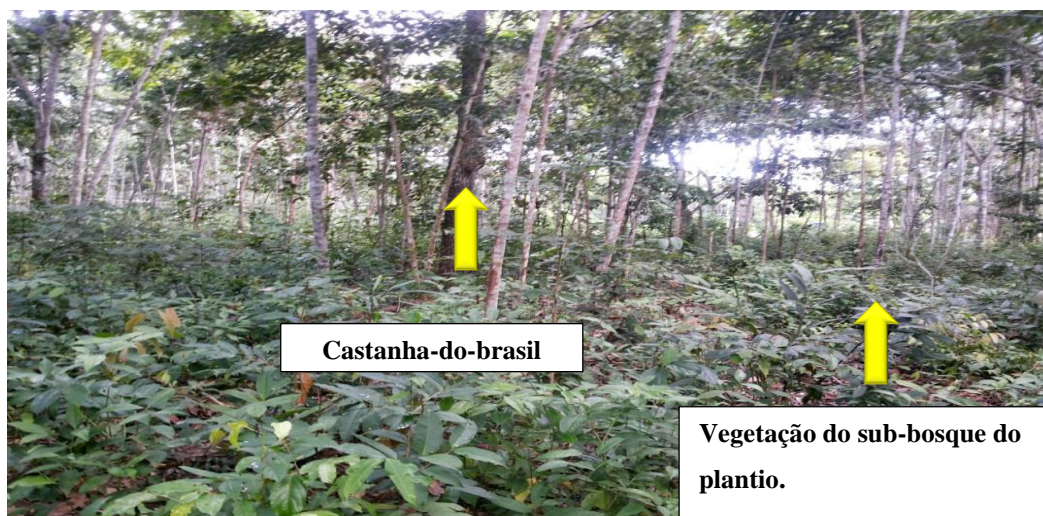


Figura 4 - Vegetação do sub-bosque do plantio de Castanha-do-brasil no espaçamento de 10 m x 10 m com 26 anos de idade, localizado na Agropecuária Aruanã S.A. no Município de Itacoatiara-AM

4.2. Inventário Florestal

4.2.1. Coleta de Dados da Vegetação do Sub-bosque

Todos os indivíduos com diâmetro a altura do peito (DAP) maior ou igual a 5,0 cm. Teve seu diâmetro medido com auxílio de fita diamétrica e a altura total medido com régua altimétrica com precisão de 0,1 m. Todos os indivíduos foram identificados pelo nome vulgar e posterior identificação do nome científico.

4.2.2. Sistema de Amostragem

O sistema de amostragem foi aleatório simples, pelo método de área fixa, com o tamanho da unidade amostral de 2.500 m², 50 m x 50 m. Cada parcela foi subdividida em cinco subparcelas de 10 m x 50 m acompanhando o espaçamento do plantio Figura 5, para maior controle e para o estudo da composição florística.

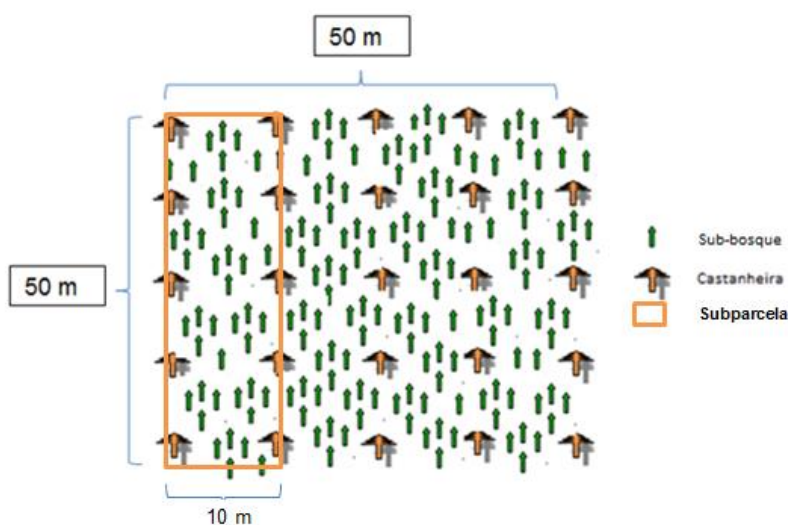


Figura 5 - Croqui da parcela amostral de 50 m x 50 m do inventário florestal das espécies do sub-bosque do plantio de Castanha-do-brasil com espaçamento 10 m x 10 m.

4.2.3. Estimativa dos parâmetros Estatísticos

O processamento dos dados do Inventário Florestal obedeceu aos procedimentos usuais, vinculados ao método de amostragem aleatória simples, apresentando à população, em função

das variáveis: volume, área basal, abundância e biomassa, as seguintes estatísticas: média, variância, variância da média, desvio padrão, coeficiente de variação, erro-padrão da média, intervalo de confiança e erro de amostragem (PELLICO NETO & BRENA 1993).

➤ **Média**

É o valor que aponta para onde mais se concentram os dados de uma distribuição.

(1)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

\bar{x} = média da amostra

x_i = variável de interesse

n = número de unidades amostradas

➤ **Variância (S_x^2)**

De acordo com Pellico Neto & Brena, (1993) a variância determina o grau de dispersão da variável de interesse em relação a sua média.

A variância é calculada pela fórmula:

(2)

$$S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Onde:

S_x^2 = Variância

x_i = variável de interesse

\bar{x} = média da variável de interesse

n = número de unidades amostradas

➤ **Desvio padrão da média (S_x)**

Expressa o quanto os valores observados individualmente se dispersam em torno da média. É calculado pela raiz quadrada da variância.

(3)

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Onde:

S_x = desvio padrão

x_i = variável de interesse

\bar{x} = média da variável de interesse

n = número de unidades amostradas

➤ **Coefficiente de variação (CV%)**

É uma medida de dispersão que visa comparar o grau de concentração em torno da média. (4)

$$cv = \frac{S_x}{\bar{x}} \cdot 100$$

Onde:

CV = coeficiente de variação

S_x = desvio padrão da média

\bar{X} = média da variável de interesse

➤ **Erro padrão da média ($S_{\bar{x}}$)**

É a medida que expressa o grau de confiabilidade de uma estimativa média. É expressa pela razão entre o desvio padrão da variável de interesse pela raiz quadrada do número de indivíduos amostrados. (5)

$$S_{\bar{x}} = \pm \frac{S_x}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{(1-f)}$$

Onde:

$s_{\bar{x}}$ = erro padrão da média

S_x = desvio padrão

n = número de unidades amostradas

f = fração de amostragem

➤ **Erro de amostragem**

É o erro resultante da heterogeneidade das possíveis amostras com o mesmo tamanho que podem ser extraídas de uma dada população. São os erros absoluto e relativo.

- Absoluto (6)

$$E_a = \pm t \cdot s_{\bar{x}}$$

Onde:

E_a = erro absoluto

$s_{\bar{x}}$ = erro padrão da média

t = valor do Teste t Student

- Relativo (7)

$$E_r = \pm \frac{t \cdot s_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100$$

Onde:

E_r = erro relativo

$s_{\bar{x}}$ = erro padrão da média

t = valor do Teste t Student

➤ **Intervalo de Confiança (IC)**

Define os limites dentro dos quais foi encontrado o verdadeiro valor do parâmetro da população.

- Intervalo de confiança para a média (8)

$$IC [\bar{x} - (t \cdot s_{\bar{x}}) \leq \bar{X} \leq \bar{x} + (t \cdot s_{\bar{x}})] = P$$

- Total da produção (9)

$$\hat{X} = N \cdot \bar{x}$$

- Intervalo de confiança para a população (10)

$$IC [\hat{X} - N(t \cdot s_{\bar{x}}) \leq \bar{X} \leq \hat{X} + N(t \cdot s_{\bar{x}})] = P$$

Onde:

$t \cdot s_{\bar{x}}$ = erro de amostragem absoluto

\bar{X} = média da variável de interesse

P = probabilidade fixada no inventário de 95%.

➤ **Intensidade amostral**

O número de unidades amostrais foi planejado para atender a uma precisão mínima de 20% de erro de amostragem com 95% de probabilidade.

O número ideal de unidades amostrais foi determinado, este modo, se:

$(1-f) > 0,98 \Rightarrow$ a população foi considerada infinita

$(1-f) < 0,98 \Rightarrow$ a população foi considerada finita

A intensidade amostral ideal foi calculada em função do coeficiente de variação:

- População finita: (11)

$$n = \frac{N \cdot t^2 (cv\%)^2}{N(LE\%)^2 + (cv\%)^2}$$

Em que,

LE = limite de erro admitido no inventário, fixado pelo executor.

N = número de unidades amostrais potenciais

CV = Coeficiente de variação

t = valor do Teste t Student

- População infinita: (12)

$$n = \frac{t^2 (cv\%)^2}{(LE\%)^2}$$

4.2.4. *Estimativa do Volume e Biomassa do Inventário Florestal*

O volume de madeira e a biomassa florestal foram estimados com equações que foram aplicadas em vegetação semelhante com a do estudo.

A estimativa volumétrica no inventário florestal foi calculada baseada na transformação dos volumes individuais através da utilização da equação de volume desenvolvida por Higuchi *et al.*, (1997):

$$\ln V = -7,335 + 2,121 * \ln DAP \quad [R^2 = 0,95 \text{ e } S_{yx} = 0,27]$$

Onde:

Ln = Logaritmo natural;

V = volume em m³

A biomassa foi estimada usando a equação desenvolvida por Nelson et al (1999), ajustada para um grupo de espécies da capoeira.

$$\ln P = -1,9968 + 2,4128 \cdot \ln DAP \text{ (Grupo de espécies)}$$

Sendo:

Ln = logaritmo natural;

P = peso seco da biomassa em kg

DAP = diâmetro à altura do peito em cm.

4.3. Composição Florística

4.3.1. Quociente de Mistura de Jentsch (QM)

Na área de estudo foi determinado o quociente de Mistura de Jentsch (LAMPRECHT, 1964), o qual é obtido pela razão entre o número de espécies e o número total de indivíduos de todas as espécies e é obtido pela seguinte expressão:

(13)

$$QM = \frac{\text{Número de espécies}}{\text{Número total de indivíduos}}$$

4.3.2. Diversidade florística

Foi determinada a diversidade de espécies para da área amostrada utilizando o Índice de Shannon e o Índice de Equitabilidade (J).

- Número de espécies: S
- Número total de indivíduos: n
- Índice de Shannon: varia de 0 para comunidade com uma única espécie, para valores altos, para comunidades com poucas espécies e com poucos

indivíduos por espécie, é definido pela fórmula $H' = -\sum_{i=1}^s \frac{n_i}{n} \ln\left(\frac{n_i}{n}\right)$.

- Índice de Equabilidade (J): índice de Shannon (H') dividido pelo logaritmo do número total de espécies, $J = \frac{H'}{\ln S}$. Mede a regularidade com que os indivíduos estão divididos dentro da área. O índice de equabilidade varia entre 0 e 1,

onde 1 representa a máxima uniformidade, isto é, todas as espécies são igualmente abundantes.

4.3.3. Estimativa do Índice do Valor de Importância

O índice do Valor de Importância (IVI) reúne, em uma única expressão, os estimadores relativos, pôr espécie, do número de indivíduos, área basal e distribuição dos indivíduos na área amostrada.

$$IVI_i = FR_i + DR_i + DoR_i \quad (14)$$

em que:

IVI_i = índice do valor de importância para i-ésima espécie.

➤ Estimativa da Frequência

$$FA_i = (u_i \div u_t).100 \quad (15)$$

$$FR_i = (FA_i \div \sum_{i=1}^p FA_i).100$$

em que:

FA_i = frequência absoluta da i-ésima espécie, dada em porcentagem;

u_i = número de unidades amostrais em que a i-ésima espécie está presente;

u_t = número total de unidades amostrais;

FR_i = frequência relativa da i-ésima espécie, em porcentagem;

p = número total de espécies amostradas.

➤ Estimativa da Densidade

$$DA_i = n_i \div A \quad (16)$$

$$DR_i = (DA_i \div \sum_{i=1}^p DA_i).100$$

em que:

DA_i = densidade absoluta de i-ésima espécie;

n_i = número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie;

A = área amostrada em hectares;

DR_i = densidade relativa da i-ésima espécie;

p = número total de espécies amostradas

➤ **Estimativa da Dominância**

$$DoA_i = G_i \div A \quad (17)$$

$$DoR_i = (DoA_i \div \sum_{i=1}^p DoA_i) \cdot 100$$

em que:

DoA_i = dominância absoluta da i-ésima espécie, em m²/ha;

G_i = área basal da i-ésima espécie, em m²/ha;

A = área amostrada em hectares;

DoR_i = dominância relativa da i-ésima espécie, em porcentagem;

p = número total de espécies amostradas.

4.3.4. Estimativa do Índice do Valor de Importância Ampliado (IVIA)

A estimativa do IVIA, da i-ésima espécie, engloba os valores dos parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal e vertical, e foi obtido pela seguinte expressão:

$$IVIA_i = DR_i + FR_i + DoR_i + PSR_i \quad (18)$$

Onde:

$IVIA_i$ = Índice de valor de Importância Ampliado

DR_i = densidade relativa

FR_i = frequência relativa

DoR_i = dominância relativa

PSR_i = posição Sociológica

➤ **Estimativa da posição Sociológica**

Para a obtenção das estimativas de Posição Sociológica (absoluta e relativa) da i-ésima espécie, a vegetação de estudo foi dividida em três estratos de altura (h_t), segundo procedimento estatístico recomendado por Souza (1990).

- ✓ Estrato inferior: árvore com altura $h_t < (\bar{h} - s)$;
- ✓ Estrato médio: árvore com $(\bar{h} - s) \leq h_t < (\bar{h} + s)$;
- ✓ Estrato superior: árvore com $h_t \geq (\bar{h} + s)$.

Onde:

\bar{h} = média das alturas dos indivíduos amostrados;

s = desvio padrão das alturas totais (h_t);

h_t = altura total da árvore individual.

Uma vez feita a classificação do sub-bosque nos referidos estratos de altura, as estimativas de posição sociológica absoluta (PSA_i) e relativa (PSR_i), por espécie, foram obtidas segundo Finol (1971) pelas seguintes expressões:

$$VF_l = (n_{il} \div N) \cdot 100 \quad (19)$$

$$PSA_i = \sum_{l=1}^m (VF_l \cdot n_{il})$$

$$PSR_i = (PSA_i \div \sum_{i=1}^p PSA_i) \cdot 100$$

Onde:

VF_l = valor fitossociológico do l-ésimo estrato de altura, para $l=1, \dots, m$ -estrato, para a i-ésima espécie;

n_{il} = número de indivíduos da i-ésima espécie, no l-ésimo estrato de altura;

N = número total de indivíduos amostrados;

PSA_i = posição sociológica absoluta da i-ésima espécie;

PSR_i = posição sociológica relativa da i-ésima espécie, em porcentagem; m = número de estratos;

p = número total de espécies amostradas.

4.4. Potencial Energético

4.4.1. Fator de Empilhamento para nove espécies de maior IVIA

As árvores de cada espécie foram cortadas em toretes de um metro e empilhadas (Figura 5). O fator de empilhamento foi calculado pela relação:

$$Fe = \frac{Vr}{Ve} \quad (20)$$

Onde:

Fe = Fator de empilhamento

Ve = Volume empilhado em m^3

Vr = volume real em m^3

$$Ve = L \times l \times hi$$

Em que:

L = comprimento da pilha em m;

l = largura da pilha em m;

hi = altura média da pilha em m



Figura 6 - Volume de madeira empilhada para calcular o fator de empilhamento.

O volume real de madeira foi obtido por meio de cubagem rigorosa. O comprimento da tora foi de 2 metros (Figura 7).

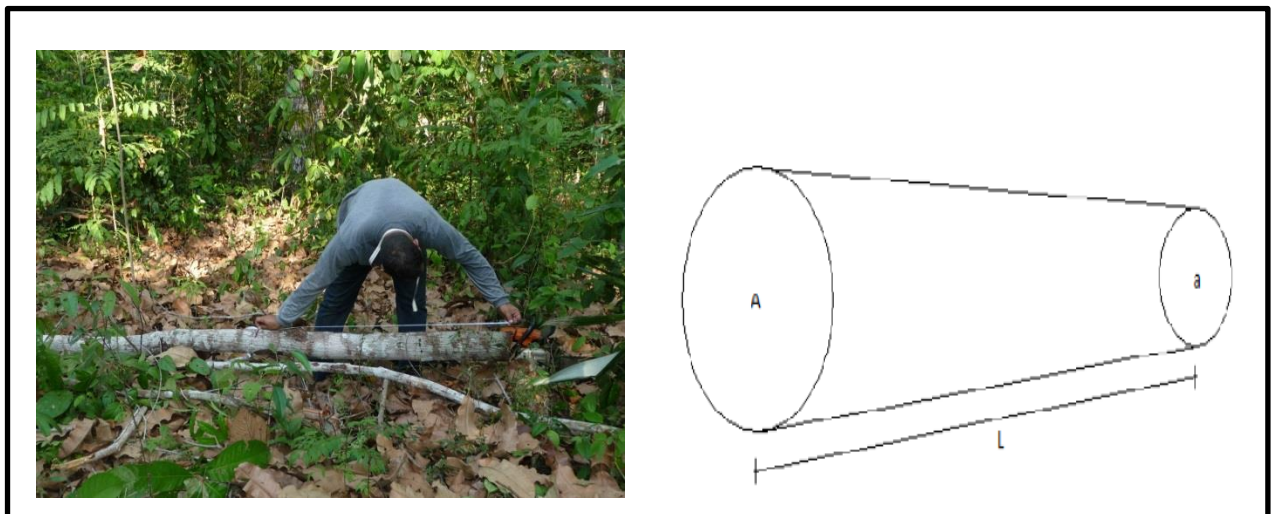


Figura 7 – Cubagem rigorosa das árvores pelo método de Smalian.

$$V_i = \frac{(A+a)}{2} \cdot l \quad (21)$$

Onde:

V = Volume da seção em m³

A = Área da extremidade maior (em m²)

a = Área da extremidade menor (em m²)

l = Comprimento da seção (em m)

4.4.2. Biomassa para as espécies de maior IVIA

A biomassa foi determinada através da metodologia destrutiva, na qual foram escolhidas aleatoriamente 10 árvores das nove espécies de maior IVIA (Índice de Valor de Importância Ampliado). Foram ajustados modelos matemáticos e escolhido o que melhor se ajusta aos dados das nove espécies

As árvores foram divididas em três partes: folhas, galhos grossos e finos, e tronco. Cada parte foi pesada, individualmente, para a obtenção do peso fresco total, após essa pesagem foi realizado o desmembramento das partes das árvores em sub-amostras para o envio ao laboratório, onde foi determinado o peso seco a 105 °C.

A copa foi dividida em folhas, galhos grossos – diâmetro $\emptyset \geq 5$ cm e galhos finos - diâmetro $\emptyset < 5$ cm.

A desfolha completa da árvore foi realizada em cima de uma lona, para que essa pudesse abranger toda a copa. As folhas foram pesadas para obtenção do peso fresco total.

Para amostragem dos galhos finos, foram considerados os galhos de diâmetro inferior a cinco cm. Primeiramente, os galhos foram pesados (peso fresco) e posteriormente o peso seco.

Para as amostras de galhos grossos, selecionou-se uma parte da árvore, aleatoriamente, com galhos que apresentassem $\emptyset \geq 5$ cm. Os galhos foram pesados para obtenção do peso fresco total. Foram retirados discos na base do galho (0 %), no meio do galho (50 %) e onde o galho atingiu os exatos 5 cm (100 %).

O tronco das árvores foram divididos e pesados para obtenção do peso fresco total. Em seguida, retirou-se discos, com aproximadamente 5 cm de espessura, da base do tronco (0 %), meio do tronco (50 %) e do topo (100 %) e identificadas conforme a (Figura 8).



Figura 8 - Pesagem dos compartimentos das árvores para obtenção do peso fresco; (A) Pesagem do fuste; (B) pesagem dos galhos grossos da copa; (C) desfolha da copa e (D) pesagem dos galhos finos, de uma vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacoatiara - AM.

4.4.3. Determinação do teor de umidade de nove espécies com maior IVIA

Foi realizado conforme a Norma ASTM 1984, em que as amostras que foram retiradas das árvores e foram secas em estufas a uma temperatura de $\pm 105^\circ \text{C}$, sendo pesadas até atingir um peso constante.

Sendo calculado pela seguinte expressão:

(22)

$$U\% = \frac{P_u - P_s}{P_s} \times 100$$

Em que:

P_u = massa úmida;

P_s = massa seca.

4.4.4. Determinação da Densidade básica de nove espécies de maior IVIA

A determinação da densidade básica foi obtida através do Densímetro Digital DSL 910, com precisão de $0,001\text{g/cm}^3$, os corpos de prova medindo $1,5 \text{ cm} \times 1,5\text{cm} \times 5,0 \text{ cm}$ que foram retirados da base, do meio e do topo do fuste da árvore.



Figura 9 – Medidor de Densidade DSL 190, em que foram medidas as densidades básicas de nove espécies da vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacoatiara-AM

4.4.5. Poder Calorífico de nove espécies de maior IVIA

Os ensaios de poder calorífico superior (P.C.S) foram realizados conforme a Norma ASTM D2015-77. Sendo todas realizadas em base seca, com as amostras secas em estufa a $105 \pm 2 \text{ C}$ até atingir um peso constante. Com auxílio de uma bomba calórica, colocou-se dentro de um calorímetro, cerca de 0,8 gramas, após a ignição foram medidos os valores de poder calorífico.

4.4.6. Caracterização de nove espécies para produção de energia.

Os valores médios de densidade básica e poder calorífico foram comparados pelo teste t de Student com os valores de referência da Tabela 2

A densidade básica e poder calorífico médio tem que ser maior ou igual ao valor de referência, para que a espécie seja considerada propícia para a produção de energia.

Tabela 2- Valores tabelados para que as espécies sejam propícias para a produção de energia

Variável	Valor de referência (VR)
Densidade	0,65 g/cm ³ **
Poder Calorífico	4.200 kcal/kg*

* Brito & Barrichelo (1979); ** Vale et al (2002).

Na análise estatística, foi aplicado o teste T de student ao nível de 95% de probabilidade através da seguinte expressão:

(25)

$$t_{\text{calculado}} = \frac{|\bar{x} - \mu|}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Em que:

\bar{x} = média da variável de interesse (Poder calorífico, densidade básica e teor de cinzas);

s = desvio padrão;

μ = valor de referência

n = número de indivíduos amostrados.

As seguintes hipóteses foram testadas:

$H_0: \bar{x}_i = \mu.$

$H_1: \bar{x}_i \neq \mu.$

4.4.7. Modelos matemáticos para as nove espécies de maior IVIA

Foram ajustados modelos matemáticos para se estimar o volume de madeira e biomassa partir do DAP e altura comercial usando modelos de simples e dupla entrada.

Tabela 3 - Modelos matemáticos de simples e dupla entrada que serão testados para estimar o volume de madeira e a biomassa

Autor	Modelo
Kopezky – Gehrhardt	$Y = \beta_0 + \beta_1 d^2$
Dissescu – Meyer	$Y = \beta_1 d + \beta_2 d^2$
Berkhout	$Y = \beta_0 d^{\beta_1}$
Husch	$\text{Log } Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Log } d$
Spurr	$Y = \beta_0 + \beta_1 d^2 H$
Schumacher e Hall	$Y = \beta_0 d^{\beta_1} H^{\beta_2}$
Spurr (logarítmica)	$\text{Log } Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Log } (d^2 H)$
Ogaya	$Y = d^2 (\beta_0 + \beta_1 H)$

Onde:

Y : variável a ser estimada (volume de madeira, volume estéreo e biomassa)

d : diâmetro a altura do peito

H : altura

β : parâmetros a serem estimados

5. RESULTADOS

5.1. Inventário Florestal

O inventário florestal foi realizado em uma área de 65,32 ha de propriedade da Aruanã Agropecuária S.A., foram medidas nove unidades amostrais com área de 0,25 ha cada uma, de 50 m x 50 m, totalizando 2,25 ha de área inventariada. Caracterizando como uma população finita com o fator de correção de 0,9655. Nas unidades mensuradas foram encontrados 1982 indivíduos e 61 espécies foram identificadas.

Considerando todos os indivíduos inventariados, as análises estatísticas demonstraram boa precisão, tanto para as variáveis: abundância, volume, área basal e biomassa florestal. O erro amostral foi inferior ao requerido que era de 20%, apresentando valores de 8,01% para abundância, 13,11% volume de madeira (Tabela 4), 12,75% para área basal e 14,00 % para biomassa (Tabela 5).

Tabela 4 – Resultado do inventário florestal para área basal e biomassa

ANÁLISE ESTATÍSTICA	Abundância			Volume (m ³)		
	U.A.	ha	População	U.A.	ha	População
Média:	220,22	880,89	57.541,56	24,22	96,86	6.327,27
Variância:	545,19	8723,11	-	17,68	282,85	-
Desvio Padrão:	23,35	93,40	-	4,20	16,82	-
Coefficiente de Variação (%):	10,60	-	-	17,36	-	-
Variância da Média:	58,49	935,85	-	1,90	30,35	-
Erro Padrão da Estimativa:	7,65	30,59	-	1,38	5,51	-
Limite de Erro alcançado (%):	8,01	-	-	13,11	-	-
Limite Inferior	202,59	810,34	52.933,44	21,04	84,16	5.497,49
Limite Superior	237,86	951,43	62.149,67	27,39	109,57	7.157,05

Tabela 5 – Resultado do inventário florestal para área basal e biomassa

ANÁLISE ESTATÍSTICA	Área Basal (m ²)			Biomassa (Ton)		
	U.A.	ha	População	U.A.	ha	População
Média:	2,12	8,49	554,90	5,26	21,03	1373,79
Variância:	0,13	2,06	-	0,95	15,20	-
Desvio Padrão:	0,36	1,43	-	0,97	3,90	-
Coefficiente de Variação:	16,89	-	-	18,54	-	-
Variância da Média:	0,01	0,22	-	0,10	1,63	-
Erro Padrão da Estimativa:	0,12	0,47	-	0,32	1,28	-
Limite de Erro alcançado:	12,75	-	-	14,00	-	-
Limite Inferior	1,85	7,41	484,13	4,52	18,09	1181,43
Limite Superior	2,39	9,58	625,67	5,99	23,98	1566,15

5.2. Composição Florística

No total, foram encontradas 61 espécies distribuídas em 48 gêneros e 31 famílias botânicas. Dentre essas famílias da Tabela 6, as que possuem maior riqueza de espécies foram: Annonaceae, Melastomataceae e Fabaceae com seis espécies. Apocynaceae e Mimosaceae com quatro espécies. A ocorrência destas famílias com o maior número de espécies é compatível com o encontrado em floresta de capoeira na região da Cidade de Manaus-AM estudada por Lima et al, (2001), na qual encontrou: Annonaceae com cinco espécies, Melastomataceae e Mimosaceae com quatro espécies. Na família Annonaceae, a família mais rica apresenta espécies congêneras, ou seja, espécies de mesmo gênero, cinco pertencem ao gênero *Guatteria*.

Tabela 6- Lista de espécies encontradas no inventário florestal em uma vegetação do sub-bosque de uma plantio de Castanha do Brasil no município de Itacoatiara-AM

Família	Nome Científico	Nome Vulgar	Nº Ind
Acanthaceae	<i>Trichanthera gigantea</i>	Canela de Garça	114
Annonaceae	<i>Annona cherimolioides Triana&Planch</i>	Envira Miolo mole	1
	<i>Duguetia echinophora R.E.Fr</i>	Envira Surucucu	1
	<i>Guatteria olivacea</i>	Envira Verde	1
	<i>Guatteria poeppigiana Mart.</i>	Envira	55
	<i>Guatteria sp</i>	Envira Urua	1
	<i>Xylopia ocrantha Mart</i>	Envira Vermelha	2
Apocynaceae	<i>Aspidosperma desmanthum Benth. ex Muell. Arg.</i>	Ararauba	2
	<i>Couma macrocarpa Barb. Rodr</i>	Sorva	3
	<i>Himatanthus sucuuba</i>	Sucuba	7
	<i>Malouetia tamaquarina (Aubl.) A. DC.</i>	Molonga Preto	1
Bignoniaceae	<i>Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don.</i>	Parapara	17
Bombacaceae	<i>Scleronema micranthum Ducke</i>	Cardeiro	15
Burseraceae	<i>Tetragastris altissima (Aubl.)</i>	Breu Branco	17
Caesalpiniaceae	<i>Cynometra bauhiniaefolia Benth.</i>	Caferana	5
	<i>Tachigalia sp.</i>	Tachi	3
Caryocaraceae	<i>Caryocar villosum (Aubl.) Pers</i>	Piquiá	1
Cecropiaceae	<i>Cecropia pachystachya</i>	Embaúba	13
	<i>Cecropia spp</i>	Embaúba Vique	2
Celastraceae	<i>Goupia glabra Aubl.</i>	Cupiúba	6
Chrysobalanaceae	<i>Licania hypoleuca Benth.</i>	Caraipé	2
Clusiaceae	<i>Vismia guianensis (Aubl.) Pers.</i>	Lacre	415
Connaraceae	<i>Connarus elsoe Forero</i>	Tento	7
Euphobiaceae	<i>Pogonophora schomburgkiana Miers. Ex Benth</i>	Amarelinho	103
Fabaceae	<i>Clitoria fairchildiana R.A.Howard</i>	Paliteiro	9
	<i>Diptotropis purpurea (Rich.) Amsh. var coriacea</i>	Sucupira Amarela	4
	<i>Amsh</i>		
	<i>ni</i>	Macucu	1
		Meraúba	1
	<i>Swartzia apetala</i>	Muirajiboia Preta	1
Humiriaceae	<i>Endopleura uchi (Huber) Cuatr.</i>	Loro Uchi	1

Tabela 6 - Continuação...

Familia	Nome Científico	Nome Vulgar	Nº Ind
Lauraceae	<i>Aniba affinis (Meisn.) Mez</i>	Louro Preto	1
	<i>Ocotea sp</i>	Loro Capoeira	51
	<i>Ocotea sp</i>	Loro	2
Lecythidaceae	<i>Eschweilera odora (Poepp.) Miers</i>	Matamatá	1
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia L.) Rich.</i>	Murici	43
	<i>Byrsonima intermédia</i>	Sara Tudo	1
Melastomataceae	<i>Bellucia dichotoma Cogn.</i>	Goiaba de Anta	867
	<i>Bellucia grossularioides (L.) Triana.</i>	Goiaba de Anta	32
		Branca	
	<i>Miconia Serialis.</i>	Canela de Velha	7
	<i>Mouriri callocarpa Ducke</i>	Miraúba	1
	<i>Mouriri guianensis Aubl.</i>	Socoró	3
	<i>Miconia spp</i>	Sapateiro	73
Mimosaceae	<i>Parkia paraensis Ducke</i>	Arara Tucupi	6
	<i>Pithecolobium racemosum Ducke</i>	Angelim Rajado	1
	<i>Siparuna amazonica Mart</i>	Capitiú	1
	<i>Zygia latifolia (L.) Fawcett & Rendle var. latifolia</i>	Ingarana	15
Moraceae	<i>Maquira coriacea (Karst.) C.C. Berg</i>	Muiratinga	2
	<i>Pseudolmedia macrophylla Trécul</i>	Pama	2
	<i>s purpurea</i>	Amapá	2
Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura L.</i>	Curuminzeiro	10
Myristicaceae	<i>Virola calophylla (Spruce) Warb.</i>	Envira Preta	2
Myrtaceae	<i>Eugenia citrifolia Poir.</i>	Araça	4
NI	<i>ni</i>	Não Identificada	24
		Sorocaba	4
Olacaceae	<i>Ptychopetalum olacoides Benth</i>	Mirantã	1
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis (Rich.) A. Rich. ex DC.</i>	Puruí	1
Sapindaceae	<i>Talisia sp</i>	Pitombinha	5
Sapotaceae	<i>Manilkara bidentata</i>	Balatinha	1
	<i>Pouteria sp</i>	Abiu Capoeira	2
	<i>Pouteria venosa (Mart.) Baehni</i>	Cutiti	1
Vochysiaceae	<i>Qualea sp</i>	Invirola	5

As famílias que apresentaram os maiores valores para o número de indivíduos foram a Melastomataceae com 910 indivíduos amostrados e cinco espécies e a Clusiaceae com 415 indivíduos com apenas uma espécie. Essas duas famílias representam 66,85 % dos indivíduos amostrados no inventário florestal, indicando uma dominância dessas famílias. (FIGURA 10).

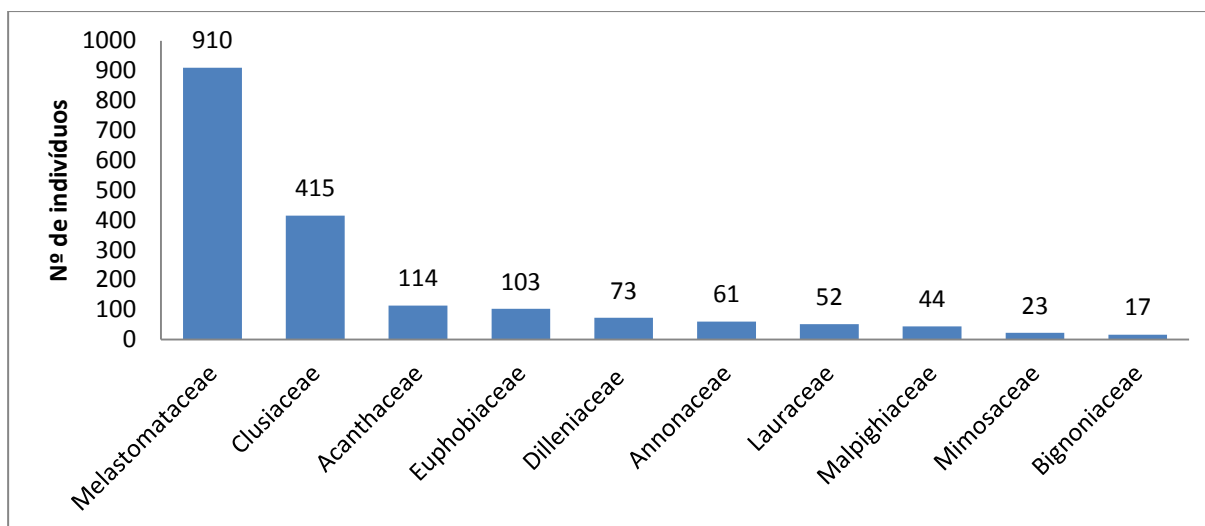


Figura 10 - Distribuição das dez famílias com maior número de indivíduos da vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil, no Município de Itacoatiara-AM

A diversidade florística da área em estudo foi avaliada utilizando-se o Índice de Shannon-Weaver (H'), e pelo Quociente de Mistura de Jentsch (QM), sendo a qualidade da amostragem avaliada pela Equabilidade de Pielou (J). Os valores encontrados para estes índices são $H' = 2,13$, $J = 0,51$ e $QM = 1:32,5$.

Índice de Shannon-Weaver (H') indica maior diversidade quanto maior for o valor de H' e a correspondente menor dominância. O valor do local de estudo foi $2,13 \text{ nats.indivíduos}^{-1}$. Araújo et al, (2012) comparando a composição florística entre floresta primária e secundária observou que a diversidade florística pelo índice de Shanon (H') foi de 2,95 para a floresta secundária. Oliveira et al (2008) em trabalhos realizados na Amazônia Central, teve índices de diversidade de Shannon-Weaver oscilando de 2,59 a 3,52. Os dados de diversidade de Shannon (H') encontrado por Araújo (1998) em capoeiras de 17 anos foi de 3,40. O valor calculado por Suemitsu (2000) para uma capoeira de 25 anos foi de 3,50. Este índice foi ainda mais baixo em Almeida & Vieira (2001), igualmente para a região Bragantina, calculado em 3,46 para capoeiras de 40 anos.

Quanto ao Quociente de Mistura de Jentsch (QM) que representa o número de indivíduos amostrados em relação às espécies encontradas na população, o valor encontrado foi 1:32,5, ou seja, que existe 32,5 indivíduos para cada espécie. Soares et al (2012) em estudos de florestas no Pará, em amostragens mais abrangentes, registraram valores de diversidades em torno de 1:10.

A Equabilidade de Pielou (J) permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes. Seu valor apresenta uma amplitude de 0 (uniformidade

mínima) a 1 (uniformidade máxima), conforme Gomide *et al.* (2006). Sendo assim, é esperado que as capoeiras jovens apresentassem menores equidades em relação às capoeiras adultas, visto a dominância de poucas espécies, o valor encontrado para o estudo foi de 0,51. No Estudo de Impacto Ambiental (2009), da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, este índice variou entre as quatro áreas de capoeira jovens estudadas foram de 0,72 a 0,80 e 0,73 a 0,90, respectivamente.

5.2.1. Estimativas dos parâmetros Estrutura Horizontal

Na Tabela 7 são apresentados os parâmetros fitossociológicos ordenados por ordem decrescente das espécies pelo IVI (Índice de Valor de Importância). Sendo que a espécie com os maiores IVIs foram a Goiaba de Anta (*Bellucia dichotoma Cogn*) (96,73), representando (32,26 %) do valor total do IVI, e Lacre (*Vismia guianensis (Aubl.) Pers.*) (47,26), representando (15,93 %), evidenciando que esta área tem como características de uma vegetação secundária em regeneração. A grande parte das espécies contribuem, individualmente, com menos de 1% do IVI total, o que configura uma dominância de um grupo pequeno de espécies. Lima (2001) estudando uma capoeira na região de Manaus as espécies com maior valor do IVI embaúba gigante (*Cecropia sciadophylla Mart.* – Cecropiaceae), dima (*Croton lanjouwensis Jabl.* - Euphorbiaceae), piriquiteira amarela (*Laetia procera (Poepp.) Eichler.* – Flacourtiaceae), muruci da mata (*Byrsonima crispera A. Juss.* – Malpighiaceae) e as espécies do gênero *Vismia* (Clusiaceae).

Tabela 7 – Estimativas da Frequência Relativa (Fr), Densidade Relativa (Dr), Dominância Relativa (DoR), Índice do de Cobertura (IVC) e Índice do Valor de Importância (IVI) da vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil na Agropecuária Aruanã S.A. no município de Itacoatiara - AM

Espécie	Nome Científico	Fr	Dr	DoR	IVC	IVI	IVI (%)
Goiaba de Anta	<i>Bellucia dichotoma Cogn.</i>	9,66	43,74	43,39	87,13	96,79	32,26
Lacre	<i>Vismia guianensis (Aubl.) Pers.</i>	9,66	20,94	17,21	38,15	47,80	15,93
Canela de Garça	<i>Trichanthera gigantea</i>	8,15	5,75	8,02	13,77	21,93	7,31
Amarelinho	<i>Pogonophora schomburgkiana Miers.</i> <i>Ex Benth</i>	7,08	5,20	5,32	10,51	17,60	5,87
Sapateiro	<i>Miconia spp</i>	5,79	3,68	8,72	12,41	18,20	6,07
Envira	<i>Guatteria poeppigiana Mart.</i>	5,36	2,77	1,73	4,50	9,87	3,29
Muruci	<i>Byrsonima crassifolia L.) Rich.</i>	4,72	2,17	3,03	5,20	9,92	3,31
Loro Capoeira	<i>Ocotea sp</i>	4,94	2,57	1,50	4,08	9,01	3,00
Goiaba de Anta Branca	<i>Bellucia grossularioides (L.) Triana.</i>	3,86	1,61	0,72	2,34	6,20	2,07
Não Identificada	<i>ni</i>	2,79	1,21	1,32	2,53	5,32	1,77
Breu Branco	<i>Dacryodes sp.</i>	3,22	0,86	0,45	1,31	4,53	1,51
Cardeiro	<i>Scleronema micranthum Ducke</i>	2,58	0,76	0,92	1,67	4,25	1,42
Parapara	<i>Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don.</i>	2,79	0,86	1,03	1,89	4,68	1,56
Embauba	<i>Cecropia pachystachya</i>	2,58	0,66	0,92	1,57	4,15	1,38

Espécie	Nome Científico	Fr	Dr	DoR	IVC	IVI	IVI (%)
Ingarana	<i>Zygia latifolia</i> (L.) Fawcett & Rendle var. <i>latifolia</i>	2,79	0,76	0,33	1,09	3,88	1,29
Curuminzeiro	<i>Muntingia calabura</i> L.	1,72	0,50	0,36	0,86	2,58	0,86
Paliteiro	<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard	1,72	0,45	0,51	0,96	2,68	0,89
Sucuba	<i>Himatanthus sucuuba</i>	1,29	0,35	0,48	0,83	2,12	0,71
Canela de Velha	<i>Miconia Serialis</i> .	1,50	0,35	0,17	0,52	2,03	0,68
Arara Tucupi	<i>Parkia paraensis</i> Ducke	1,29	0,30	0,57	0,87	2,16	0,72
Cupiuba	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	1,29	0,30	0,30	0,60	1,89	0,63
Invirola	<i>Qualea</i> sp	0,86	0,25	0,23	0,49	1,35	0,45
Tento	<i>Connarus elsoe</i> Forero	1,07	0,35	0,22	0,57	1,64	0,55
Caferana	<i>Cynometra bauhiniaefolia</i> Benth.	0,86	0,25	0,10	0,36	1,22	0,41
Sucupira	<i>Diplostropis purpurea</i> (Rich.) Amsh.	0,64	0,20	0,31	0,51	1,16	0,39
Amarela	var <i>coriacea</i> Amsh						
Sorocaba	<i>ni</i>	0,64	0,20	0,15	0,35	0,99	0,33
Socoró	<i>Mouriri guianensis</i> Aubl.	0,64	0,15	0,26	0,41	1,06	0,35
Araça	<i>Eugenia citrifolia</i> Poir.	0,86	0,20	0,07	0,27	1,13	0,38
Pitombinha	<i>Talisia</i> sp	0,64	0,25	0,14	0,39	1,04	0,35
Pama	<i>Pseudolmedia macrophylla</i> Trécul	0,43	0,10	0,03	0,13	0,56	0,19
Tachi	<i>Tachigalia</i> sp.	0,64	0,15	0,04	0,19	0,84	0,28
Sorva	<i>Couma macrocarpa</i> Barb. Rodr	0,43	0,15	0,09	0,24	0,67	0,22
Envira Preta	<i>Virola calophylla</i> (Spruce) Warb.	0,43	0,10	0,13	0,23	0,66	0,22
Puruí	<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	0,21	0,05	0,02	0,07	0,29	0,10
Piquia	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers	0,21	0,05	0,12	0,17	0,38	0,13
Caraipé	<i>Licania hypoleuca</i> Benth.	0,43	0,10	0,09	0,19	0,62	0,21
Muiratinga	<i>Maquira coriacea</i> (Karst.) C.C. Berg	0,43	0,10	0,14	0,24	0,67	0,22
Loro	<i>Ocotea</i> sp	0,43	0,10	0,07	0,17	0,60	0,20
Ararauba	<i>Aspidosperma desmanthum</i> Benth. ex Muell. Arg.	0,43	0,10	0,04	0,14	0,57	0,19
Envira Vermelha	<i>Xylopia ocrantha</i> Mart	0,43	0,10	0,04	0,14	0,57	0,19
Embauba Vique	<i>Cecropia</i> spp	0,21	0,10	0,12	0,22	0,44	0,15
Abil Capoeira	<i>Pouteria</i> sp	0,21	0,10	0,07	0,17	0,38	0,13
Amapá	<i>s purpurea</i>	0,21	0,10	0,06	0,16	0,37	0,12
Cutiti	<i>Pouteria venosa</i> (Mart.) Baehni	0,21	0,05	0,09	0,14	0,35	0,12
Envira Surucucu	<i>Duguetia echinophora</i> R.E.Fr	0,21	0,05	0,05	0,10	0,31	0,10
Capitiú	<i>Siparuna amazonica</i> Mart	0,21	0,05	0,04	0,09	0,31	0,10
Merauba	<i>ni</i>	0,21	0,05	0,04	0,09	0,30	0,10
Envira Verde	<i>Guatteria olivacea</i>	0,21	0,05	0,03	0,08	0,29	0,10
Molonga Preto	<i>Malouetia tamaquarina</i> (Aubl.) A. DC.	0,21	0,05	0,03	0,08	0,29	0,10
Sara Tudo	<i>Bysonima intermédia</i>	0,21	0,05	0,02	0,07	0,29	0,10
Muirajiboia Preta	<i>Swartzia apetala</i>	0,21	0,05	0,02	0,07	0,29	0,10
Envira Urua	<i>Guatteria</i> sp	0,21	0,05	0,02	0,07	0,29	0,10
Mirauba	<i>Mouriri callocarpa</i> Ducke	0,21	0,05	0,02	0,07	0,29	0,10
Louro Preto	<i>Aniba affinis</i> (Meisn.) Mez	0,21	0,05	0,02	0,07	0,28	0,09
Macucu	<i>ni</i>	0,21	0,05	0,02	0,07	0,28	0,09
Balatinha	<i>Manilkara bidentata</i>	0,21	0,05	0,02	0,07	0,28	0,09
Matamatá	<i>Eschweilera odora</i> (Poepp.) Miers	0,21	0,05	0,02	0,07	0,28	0,09
Angelim Rajado	<i>Pithecolobium racemosum</i> Ducke	0,21	0,05	0,01	0,06	0,28	0,09
Miolo mole	<i>Annona cherimolioides</i>	0,21	0,05	0,01	0,06	0,28	0,09
envira	<i>Triana&Planch</i>						
Mirantã	<i>Ptychopetalum olacoides</i> Benth	0,21	0,05	0,01	0,06	0,28	0,09
Loro Uchi	<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatr.	0,21	0,05	0,01	0,06	0,27	0,09
		100	100	100	200	300	100

Das espécies com os maiores valores do IVI, se destacam a Goiaba de Anta (*Bellucia dichotoma Cogn.*) com 867 indivíduos inventariados, Lacre (*Vismia guianensis (Aubl.) Pers.*) com 415 indivíduos, sendo estas as espécies que obtiveram o maior número de indivíduos amostrados. (FIGURA 11).

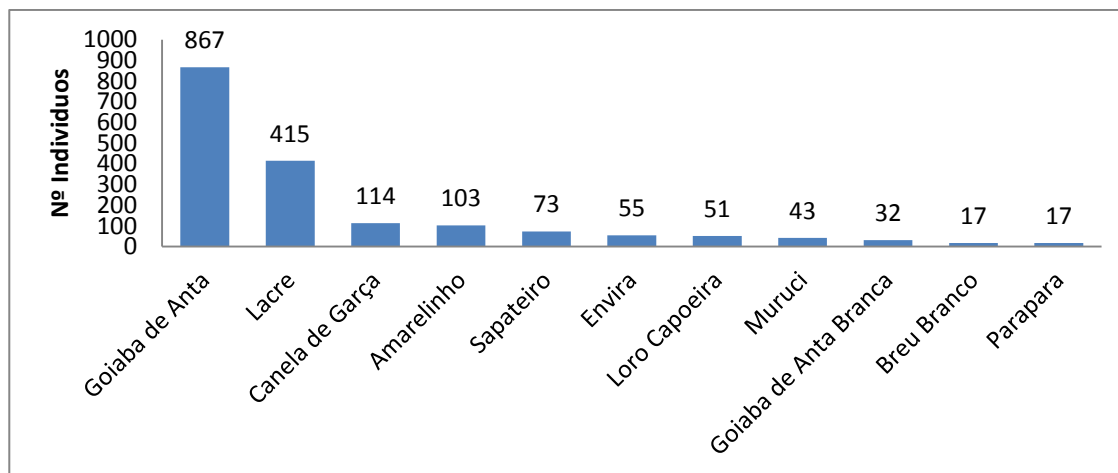


Figura 11 Distribuição do número de indivíduos das espécies com o maior valor de IVI da vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil na Agropecuária Aruanã S.A. no município de Itacoatiara - AM

5.2.2. Parâmetros Fitossociológicos da Estrutura Vertical

As estimativas dos parâmetros da estrutura vertical englobam as posições Sociológicas (Tabela 8), que foram estimadas em função do valor fitossociológico por espécie, nas classes de altura total a que pertencem. Analisando os resultados obtidos na Tabela 8, observa-se que 13,12 % dos indivíduos amostrados encontram-se no estrato de altura inferior, até 7,84 m; 68,43 % no estrato médio, entre 7,84 m e 13,22 m; e 12,56 % no dossel superior, acima de 13,22 m. Os resultados indicam que a vegetação está em pleno processo de evolução, pois a maioria dos indivíduos encontra-se no estrato médio, o que a diferencia de florestas adultas, em que os estratos são bem definidos e com números aproximadamente iguais de indivíduos (VASCONCELOS, 1992).

As espécies com os maiores valores de posição sociológica relativa (Tabela 8) foram *Bellucia dichotoma Cogn.* (Goiaba de Anta) com 80,94 % e *Vismia guianensis (Aubl.) Pers.* (Lacre) 15,82 %, sendo que essas espécies predominaram no estrato médio, isto é, entre 7,84 m e 13,22 m de altura total. As outras 59 espécies juntas representam 3,24 % do valor total da posição sociológica relativa.

Tabela 8 – Estimativa das Posições Sociológicas das Espécies amostradas no sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil de propriedade da Agropecuaria Aruanã S.A, localizada no Município de Itacoatiara – AM. Em que: n = número de árvores; VF_i = Valor Fitossociológico de cada espécie por estrato; PSA = Posição Sociológica Absoluta; e PSR = Posição sociológica Relativa

Nome Científico	Estrato de Altura						PSA	PSR	Ni
	Estrato Inferior		Estrato Médio		Estrato Superior				
	n	VF _i	n	VF _i	n	VF _i			
<i>Pouteria sp</i>	-	0,00	2	0,10	-	0,00	0,20	0,0006	2
<i>s purpurea</i>	-	0,00	2	0,10	-	0,00	0,20	0,0006	2
<i>Pogonophora schomburgkiana Miers. Ex Benth</i>	16	0,81	64	3,23	23	1,16	246,27	0,7604	103
<i>Pithecolobium racemosum Ducke</i>	1	0,05	-	0,00	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Eugenia citrifolia Poir.</i>	2	0,10	2	0,10	-	0,00	0,40	0,0012	4
<i>Parkia paraensis Ducke</i>	2	0,10	2	0,10	2	0,10	0,61	0,0019	6
<i>Aspidosperma desmanthum Benth. ex Muell. Arg.</i>	1	0,05	1	0,05	-	0,00	0,10	0,0003	2
<i>Manilkara bidentata</i>	-	0,00	1	0,05	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Dacryodes sp.</i>	7	0,35	9	0,45	1	0,05	6,61	0,0204	17
<i>Cynometra bauhiniaefolia Benth.</i>	2	0,10	3	0,15	-	0,00	0,66	0,0020	5
<i>Trichanthera gigantea</i>	10	0,50	84	4,24	20	1,01	381,23	1,1771	114
<i>Miconia Serialis.</i>	1	0,05	6	0,30	-	0,00	1,87	0,0058	7
<i>Siparuna amazonica Mart</i>	-	0,00	1	0,05	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Licania hypoleuca Benth.</i>	1	0,05	1	0,05	-	0,00	0,10	0,0003	2
<i>Scleronema micranthum Ducke</i>	3	0,15	9	0,45	3	0,15	4,99	0,0154	15
<i>Goupia glabra Aubl.</i>	2	0,10	4	0,20	-	0,00	1,01	0,0031	6
<i>Muntingia calabura L.</i>	1	0,05	6	0,30	3	0,15	2,32	0,0072	10
<i>Pouteria venosa (Mart.) Baehni</i>	-	0,00	1	0,05	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Cecropia pachystachya</i>	-	0,00	7	0,35	6	0,30	4,29	0,0132	13

Tabela 8 – Continuação...

Nome Científico	Estrato de Altura						PSA	PSR	Ni
	Estrato Inferior		Estrato Médio		Estrato Superior				
	n	VF _i	n	VF _i	n	VF _i			
<i>Cecropia spp</i>	-	0,00	2	0,10	-	0,00	0,20	0,0006	2
<i>Guatteria poeppigiana Mart.</i>	20	1,01	33	1,66	2	0,10	75,33	0,2326	55
<i>Virola calophylla (Spruce) Warb.</i>	1	0,05	1	0,05	-	0,00	0,10	0,0003	2
<i>Duguetia echinophora R.E.Fr</i>	-	0,00	1	0,05	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Guatteria sp</i>	1	0,05	-	0,00	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Guatteria olivacea</i>	-	0,00	1	0,05	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Xylopia ocrantha Mart</i>	1	0,05	1	0,05	-	0,00	0,10	0,0003	2
<i>Bellucia dichotoma Cogn.</i>	60	3,03	712	35,92	95	4,79	26214,38	80,9391	867
<i>Bellucia grossularioides (L.) Triana.</i>	13	0,66	19	0,96	-	0,00	26,74	0,0826	32
<i>Zygia latifolia (L.) Fawcett & Rendle var. latifolia</i>	4	0,20	10	0,50	1	0,05	5,90	0,0182	15
<i>Qualea sp</i>	1	0,05	4	0,20	-	0,00	0,86	0,0026	5
<i>Vismia guianensis (Aubl.) Pers.</i>	68	3,43	309	15,59	38	1,92	5123,56	15,8194	415
<i>Ocotea sp</i>	-	0,00	2	0,10	-	0,00	0,20	0,0006	2
<i>Ocotea sp</i>	15	0,76	35	1,77	1	0,05	73,21	0,2260	51
<i>Endopleura uchi (Huber) Cuatr.</i>	1	0,05	-	0,00	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Aniba affinis (Meisn.) Mez</i>	-	0,00	1	0,05	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Ni 1</i>	-	0,00	1	0,05	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Eschweilera odora (Poepp). Miers</i>	1	0,05	-	0,00	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Ni 2</i>	1	0,05	-	0,00	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Annona cherimolioides Triana&Planch</i>	1	0,05	-	0,00	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Ptychopetalum olacoides Benth</i>	-	0,00	1	0,05	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Mouriri callocarpa Ducke</i>	-	0,00	1	0,05	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Malouetia tamaquarina (Aubl.) A. DC.</i>	-	0,00	1	0,05	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Swartzia apetala</i>	-	0,00	1	0,05	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Maquira coriacea (Karst.) C.C. Berg</i>	-	0,00	1	0,05	1	0,05	0,10	0,0003	2
<i>Byrsonima crassifolia L.) Rich.</i>	-	0,00	30	1,51	13	0,66	53,94	0,1665	43

Tabela 8 Continua...

Nome Científico	Estrato de Altura						PSA	PSR	Ni
	Estrato Inferior		Estrato Médio		Estrato Superior				
	n	VF _i	n	VF _i	n	VF _i			
<i>Ni 3</i>	7	0,35	14	0,71	3	0,15	12,82	0,0396	24
<i>Clitoria fairchildiana R.A.Howard</i>	2	0,10	5	0,25	2	0,10	1,66	0,0051	9
<i>Pseudolmedia macrophylla Trécul</i>	2	0,10	-	0,00	-	0,00	0,20	0,0006	2
<i>Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don.</i>	8	0,40	6	0,30	3	0,15	5,50	0,0170	17
<i>Caryocar villosum (Aubl.) Pers</i>	-	0,00	1	0,05	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Talisia sp</i>	-	0,00	5	0,25	-	0,00	1,26	0,0039	5
<i>Alibertia edulis (Rich.) A. Rich. ex DC.</i>	-	0,00	1	0,05	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Miconia spp</i>	1	0,05	41	2,07	31	1,56	133,35	0,4117	73
<i>Bysonima intermédia</i>	1	0,05	-	0,00	-	0,00	0,05	0,0002	1
<i>Mouriri guianensis Aubl.</i>	-	0,00	3	0,15	-	0,00	0,45	0,0014	3
<i>Ni 4</i>	-	0,00	4	0,20	-	0,00	0,81	0,0025	4
<i>Couma macrocarpa Barb. Rodr</i>	-	0,00	3	0,15	-	0,00	0,45	0,0014	3
<i>Himatanthus sucuuba</i>	-	0,00	6	0,30	1	0,05	1,87	0,0058	7
<i>Diploptropis purpurea (Rich.) Amsh. var coriacea Amsh</i>	-	0,00	4	0,20	-	0,00	0,81	0,0025	4
<i>Tachigalia sp.</i>	1	0,05	2	0,10	-	0,00	0,25	0,0008	3
<i>Connarus elsoe Forero</i>	1	0,05	6	0,30	-	0,00	1,87	0,0058	7
Total	260		1473		249		32387,79	100	1982
Total (%)	13,12		74,32		12,56				

5.2.3. Índice do Valor de Importância Ampliado

O índice do Valor de Importância Ampliado (IVIA) reúne, em uma única expressão, as estimativas das estruturas horizontal e vertical, para cada espécie (Tabela 9). As espécies que se destacaram foram *Bellucia dichotoma Cogn.* (177,73), ou seja, 44,43 % do valor do IVIA e *Vismia guianensis (Aubl.) Pers.* (63,62), com 15,91 %. Outras cinco espécies obtiveram o IVIA maior 1, sendo estas: *Trichanthera gigantea Miers. Ex Benth* (23,11), *Miconia spp* (18,61), *Pogonophora schomburgkiana Miers. Ex Benth* (18,36), *Guatteria poeppigiana Mart.* (10,10) e *Byrsonima crassifolia L.) Rich* (10,09), juntas representam 20,07 % do valor total do IVIA.

Tabela 9 - Estimativa do Índice do Valor de Importância Ampliado (IVIA) para as espécies amostradas do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacoatiara – AM. Em que IVC = Índice do valor de Cobertura; IVI = Índice do valor de Importância; PSR = Posição Sociológica Relativa; e IVIA = Índice do valor de Importância Ampliado

Nome Científico	IVC	IVI	IVI (%)	PSR	IVIA	IVIA (%)
<i>Bellucia dichotoma Cogn.</i>	87,13	96,79	32,26	80,939	177,73	44,43
<i>Vismia guianensis (Aubl.) Pers.</i>	38,15	47,80	15,93	15,819	63,62	15,91
<i>Trichanthera gigantea Miers. Ex Benth</i>	13,77	21,93	7,31	1,177	23,11	5,78
<i>Miconia spp</i>	12,41	18,20	6,07	0,412	18,61	4,65
<i>Pogonophora schomburgkiana Miers. Ex Benth</i>	10,51	17,60	5,87	0,760	18,36	4,59
<i>Guatteria poeppigiana Mart.</i>	4,50	9,87	3,29	0,233	10,10	2,53
<i>Byrsonima crassifolia L.) Rich.</i>	5,20	9,92	3,31	0,167	10,09	2,52
<i>Ocotea sp</i>	4,08	9,01	3,00	0,226	9,24	2,31
<i>Bellucia grossularioides (L.) Triana.</i>	2,34	6,20	2,07	0,083	6,28	1,57
<i>Ni 1</i>	2,53	5,32	1,77	0,040	5,36	1,34
<i>Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don.</i>	1,89	4,68	1,56	0,017	4,69	1,17
<i>Dacryodes sp.</i>	1,31	4,53	1,51	0,020	4,55	1,14
<i>Scleronema micranthum Ducke</i>	1,67	4,25	1,42	0,015	4,26	1,07
<i>Cecropia pachystachya</i>	1,57	4,15	1,38	0,013	4,16	1,04
<i>Zygia latifolia (L.) Fawcett & Rendle var. latifolia</i>	1,09	3,88	1,29	0,018	3,89	0,97
<i>Clitoria fairchildiana R.A.Howard</i>	0,96	2,68	0,89	0,005	2,68	0,67
<i>Muntingia calabura L.</i>	0,86	2,58	0,86	0,007	2,59	0,65
<i>Parkia paraensis Ducke</i>	0,87	2,16	0,72	0,002	2,16	0,54
<i>Himatanthus sucuuba</i>	0,83	2,12	0,71	0,006	2,13	0,53
<i>Miconia Serialis.</i>	0,52	2,03	0,68	0,006	2,03	0,51
<i>Goupia glabra Aubl.</i>	0,60	1,89	0,63	0,003	1,89	0,47
<i>Connarus elsoe Forero</i>	0,57	1,64	0,55	0,006	1,65	0,41
<i>Qualea sp</i>	0,49	1,35	0,45	0,003	1,35	0,34
<i>Cynometra bauhiniaefolia Benth.</i>	0,36	1,22	0,41	0,002	1,22	0,30
<i>Diplostropis purpurea (Rich.) Amsh. var coriacea</i>	0,51	1,16	0,39	0,002	1,16	0,29
<i>Amsh</i>						
<i>Eugenia citrifolia Poir.</i>	0,27	1,13	0,38	0,001	1,13	0,28
<i>Mouriri guianensis Aubl.</i>	0,41	1,06	0,35	0,001	1,06	0,26
<i>Talisia sp</i>	0,39	1,04	0,35	0,004	1,04	0,26
<i>Ni 2</i>	0,35	0,99	0,33	0,002	0,99	0,25
<i>Tachigalia sp.</i>	0,19	0,84	0,28	0,001	0,84	0,21

Nome Científico	IVC	IVI	IVI (%)	PSR	IVIA	IVIA (%)
<i>Couma macrocarpa</i> Barb. Rodr	0,24	0,67	0,22	0,001	0,67	0,17
<i>Maquira coriacea</i> (Karst.) C.C. Berg	0,24	0,67	0,22	0,000	0,67	0,17
<i>Virola calophylla</i> (Spruce) Warb.	0,23	0,66	0,22	0,000	0,66	0,16
<i>Licania hypoleuca</i> Benth.	0,19	0,62	0,21	0,000	0,62	0,15
<i>Ocotea</i> sp	0,17	0,60	0,20	0,001	0,60	0,15
<i>Aspidosperma desmanthum</i> Benth. ex Muell. Arg.	0,14	0,57	0,19	0,000	0,57	0,14
<i>Xylopia ocrantha</i> Mart	0,14	0,57	0,19	0,000	0,57	0,14
<i>Pseudolmedia macrophylla</i> Trécul	0,13	0,56	0,19	0,001	0,56	0,14
<i>Cecropia</i> spp	0,22	0,44	0,15	0,001	0,44	0,11
<i>Pouteria</i> sp	0,17	0,38	0,13	0,001	0,38	0,10
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers	0,17	0,38	0,13	0,000	0,38	0,10
<i>s purpurea</i>	0,16	0,37	0,12	0,001	0,37	0,09
<i>Pouteria venosa</i> (Mart.) Baehni	0,14	0,35	0,12	0,000	0,35	0,09
<i>Duguetia echinophora</i> R.E.Fr	0,10	0,31	0,10	0,000	0,31	0,08
<i>Siparuna amazonica</i> Mart	0,09	0,31	0,10	0,000	0,31	0,08
Ni 3	0,09	0,30	0,10	0,000	0,30	0,08
<i>Guatteria olivacea</i>	0,08	0,29	0,10	0,000	0,29	0,07
<i>Malouetia tamaquarina</i> (Aubl.) A. DC.	0,08	0,29	0,10	0,000	0,29	0,07
<i>Bysonima intermédia</i>	0,07	0,29	0,10	0,000	0,29	0,07
<i>Swartzia apetala</i>	0,07	0,29	0,10	0,000	0,29	0,07
<i>Guatteria</i> sp	0,07	0,29	0,10	0,000	0,29	0,07
<i>Mouriri callocarpa</i> Ducke	0,07	0,29	0,10	0,000	0,29	0,07
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	0,07	0,29	0,10	0,000	0,29	0,07
<i>Aniba affinis</i> (Meisn.) Mez	0,07	0,28	0,09	0,000	0,28	0,07
Ni 4	0,07	0,28	0,09	0,000	0,28	0,07
<i>Manilkara bidentata</i>	0,07	0,28	0,09	0,000	0,28	0,07
<i>Eschweilera odora</i> (Poepp). Miers	0,07	0,28	0,09	0,000	0,28	0,07
<i>Pithecolobium racemosum</i> Ducke	0,06	0,28	0,09	0,000	0,28	0,07
<i>Annona cherimolioides</i> Triana&Planch	0,06	0,28	0,09	0,000	0,28	0,07
<i>Ptychopetalum olacoides</i> Benth	0,06	0,28	0,09	0,000	0,28	0,07
<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatr.	0,06	0,27	0,09	0,000	0,27	0,07
	200	300	100	100	400	100

5.3. Distribuição Diamétrica

Para a análise da distribuição diamétrica a abundância; a área basal; volume de madeira e biomassa foram divididos em classes de 5 cm de amplitude, sendo que a última são todas as árvores com DAP maior que 30 cm. A Figura 12 -(A) mostra a distribuição diamétrica em que o número de indivíduos é maior nas classes inferiores do que nas maiores classes de DAP, é uma característica de florestas nativas e esse padrão tem sido observado em diversos estudos RODRIGUES, 1963; UHL & MURPHY, 1981). Essa mesma distribuição de número de indivíduos por classe de diâmetro pode ser observada no presente estudo foi similar com outros estudos (FABER-LANGERDEON & GENTRY, 1991; PASCAL & PELLISIES, 1996).

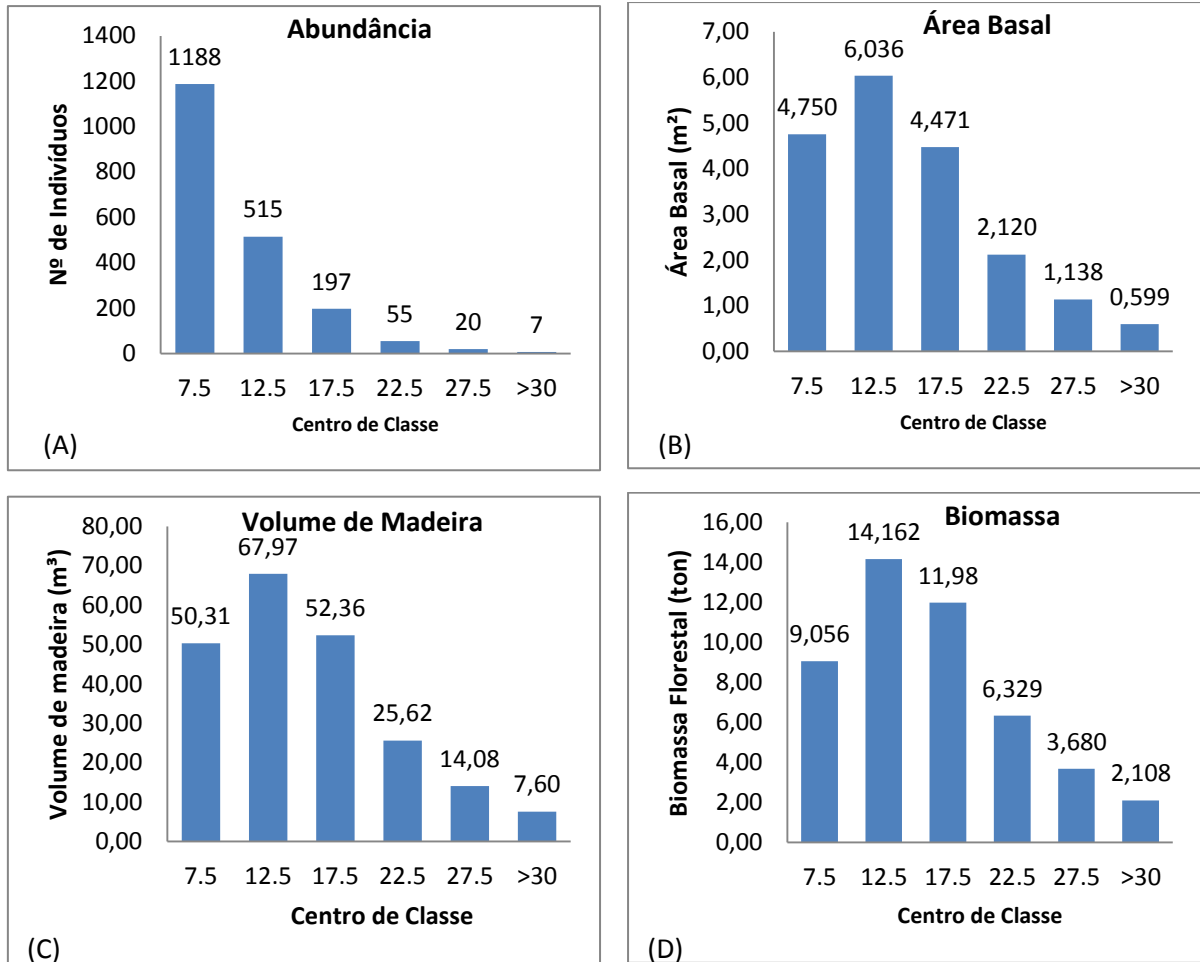


Figura 12 - Distribuição diamétrica da vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacotiara - AM (A) distribuição número de indivíduos ; (B) distribuição da área basal; (C) distribuição do Volume de Madeira e (D) distribuição da Biomassa Florestal

Analisando a distribuição diamétrica da área basal, volume de madeira e biomassa, a segunda classe foi que obteve o maior valor para ambas variáveis, isto nos mostra que essas variáveis são influenciadas pelo o diâmetro das árvores e não pelo número de indivíduos. Para o volume de madeira Figura 14 – (C) e biomassa Figura 12 – (D) a terceira classe é maior que a primeira.

5.4. Potencial Energético

5.4.1. Fator de Empilhamento para as nove espécies de maior IVIA

Para a determinação do fator de empilhamento foram medidos os volumes reais de 90 árvores de nove espécies que tiveram os maiores valores de IVIA, com DAP a partir de 5 cm, incluindo os galhos da copa que tiveram o diâmetro maior ou igual a 5 cm, o maior DAP

medido foi de 27 cm. As nove espécies estudadas representam 84,31% dos 1982 indivíduos que foram inventariados no local.

As 90 árvores cubadas totalizaram 7,0234 m³ e o volume empilhado 8,1298 st, com o fator de empilhamento média para o grupo das nove espécies ficou 0,88. Destaca-se com menor valor do fator de empilhamento o Lacre (*Vismia guianensis* (Aubl.) Pers.) com 0,71, seguido pela Goiaba de Anta (*Bellucia dichotoma* Cogn) com 0,82 e as maiores foram a Envira (*Guatteria poeppigiana* Mart.) com 0,99 e o Breu-Branco (*Dacryodes* sp.) com 0,98.

Tabela 10 Valores do fator de empilhamento das espécies analisadas e a média geral

Espécie	Nome Científico	Vol. Emp (st)	Vol. Real (m³)	Fe
Amarelinho	<i>Pogonophora schomburgkiana</i> <i>Miers. Ex Benth</i>	15,645	14,283	0,91
Breu-Branco	<i>Dacryodes</i> sp.	0,2825	0,2779	0,98
Canela de Garça	<i>Trichanthera gigantea</i>	0,5819	0,4899	0,84
Envira	<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	0,3714	0,3672	0,99
Goiaba de Anta	<i>Bellucia dichotoma</i> Cogn.	27,024	22,037	0,82
Goiaba de Anta Branca	<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana.	11,746	10,392	0,88
Lacre	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Pers.	0,3488	0,2462	0,71
Loro Capoeira	<i>Ocotea</i> sp	0,405	0,3415	0,84
Parapara	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.	0,6988	0,6296	0,9
Média Geral				0,88

5.4.2. Teor de Umidade para as nove espécies de maior IVIA

O teor de umidade da madeira das espécies estudadas tem seus valores apresentados na TABELA 10. Os valores médios dos teores de umidade do fuste de cada espécie variaram entre 73,2 % ($\pm 6,3$), para o Lacre (*Vismia guianensis* (Aubl.) Pers.) a 133,5% ($\pm 13,6$) para a Envira (*Guatteria poeppigiana* Mart.). Silveira et al (2013) estudando nove espécies comerciais da Amazônia encontrou uma variação do teor de umidade do fuste 46,9% para *Mezilaurus itauba* a 117,3% para *Parkia paraensis*

Os valores mais baixos dos desvios padrão foram obtidos, para a madeira do fuste, Lacre (*Vismia guianensis* (Aubl.) Pers.) e Goiaba de Anta Branca (*Bellucia grossularioides* (L.) Triana) ($\pm 8,2\%$), que indicam menor variabilidade e maior homogeneidade quanto à distribuição de umidade. Ao contrário em duas espécies, cujos valores do desvio padrão foram altos, sendo o Breu-branco (*Dacryodes* sp.) ($\pm 30,9$) e o Amarelinho (*Pogonophora schomburgkiana* Miers. Ex Benth) ($\pm 48,1$), evidenciando, portanto, alta variabilidade dos dados.

Somente cinco espécies tiveram galhos grossos com diâmetro maior ou igual a 5 cm, variaram entre 100,32 % ($\pm 2,4$) para a Goiaba de Anta Branca (*Bellucia grossularioides* (L.) Triana) até 158,77 % para Envira (*Guatteria poeppigiana* Mart.). Já nas espécies que apresentaram frutos os teores de umidade foram acima de 300%, com destaque para os frutos do Amarelinho *Pogonophora schomburgkiana* Miers. Ex Benth ($\pm 48,1$) com 492,74 % e o Lacre *Vismia guianensis* (Aubl.) Pers. com 542,89 %, na qual obtiveram os maiores valores.

Tabela 11 - Valores médios dos teores de umidade medidos dois dias após o corte em porcentagem e o *S* – desvio padrão de nove espécies de uma vegetação do sub-bosque de um plantio de castanha do Brasil no município de Itacoatiara-AM.

Espécie	Fuste		Galhos Grossos		Galhos Finos		Folhas		Frutos	
	F	S	G.G.	S	G.F.	S	Fo	S	Fr	S
Amarelinho	126,6	$\pm 48,1$	154,4	$\pm 49,5$	176,9	$\pm 80,7$	176,8	$\pm 33,6$	492,7	$\pm 123,4$
Breu-Branco	94,9	$\pm 30,9$	-	-	168,6	$\pm 41,8$	155,4	$\pm 31,2$	-	-
Canela de Garça	94,4	$\pm 25,4$	115,4	$\pm 30,4$	141,9	$\pm 97,4$	166,3	$\pm 49,1$	-	-
Envira	133,5	$\pm 13,6$	158,8	-	186,2	$\pm 41,2$	212,2	$\pm 143,7$	346,4	-
Goiaba de Anta	107,2	$\pm 14,1$	115,6	$\pm 19,3$	227,9	$\pm 112,0$	142,5	$\pm 18,8$	343,3	$\pm 48,3$
Goiaba de Anta Branca	98,6	$\pm 8,2$	100,3	$\pm 2,4$	151,0	$\pm 36,5$	144,4	$\pm 32,5$	342,6	$\pm 45,6$
Lacre	73,2	$\pm 6,3$	-	-	133,6	$\pm 32,4$	233,6	$\pm 33,3$	542,9	$\pm 6,5$
Loro Capoeira	94,6	$\pm 8,8$	-	-	141,6	$\pm 26,1$	159,7	$\pm 19,4$	356,1	$\pm 83,1$
Para para	118,8	$\pm 14,7$	-	-	203,5	$\pm 54,6$	232,7	$\pm 48,5$	-	-

5.4.3. Biomassa das nove espécies de maior IVIA

A maior contribuição percentual à biomassa fresca total acima do nível do solo é originada do fuste, na qual considerando todas as árvores 66% do peso fresco foi do fuste, segundo pelos galhos finos com 16%, seguido pelas folhas com 11%, Figura 13 - (A). Já estudando as árvores por espécies, a biomassa fresca do fuste foi de 53% da espécie Envira (*Guatteria poeppigiana* Mart) Figura 13 - (D), e a Canela de Garça (*Trichanthera gigantea*), Figura 15 - (C), teve 73% da sua biomassa fresca vindo do fuste. Em estudos realizados em duas capoeiras, a categoria “tronco” é predominante, com contribuições de $64,1\% \pm 5,3$ e $70,5\% \pm 3,9$ respectivamente, 14 e 23 anos, (SILVA, 2007).

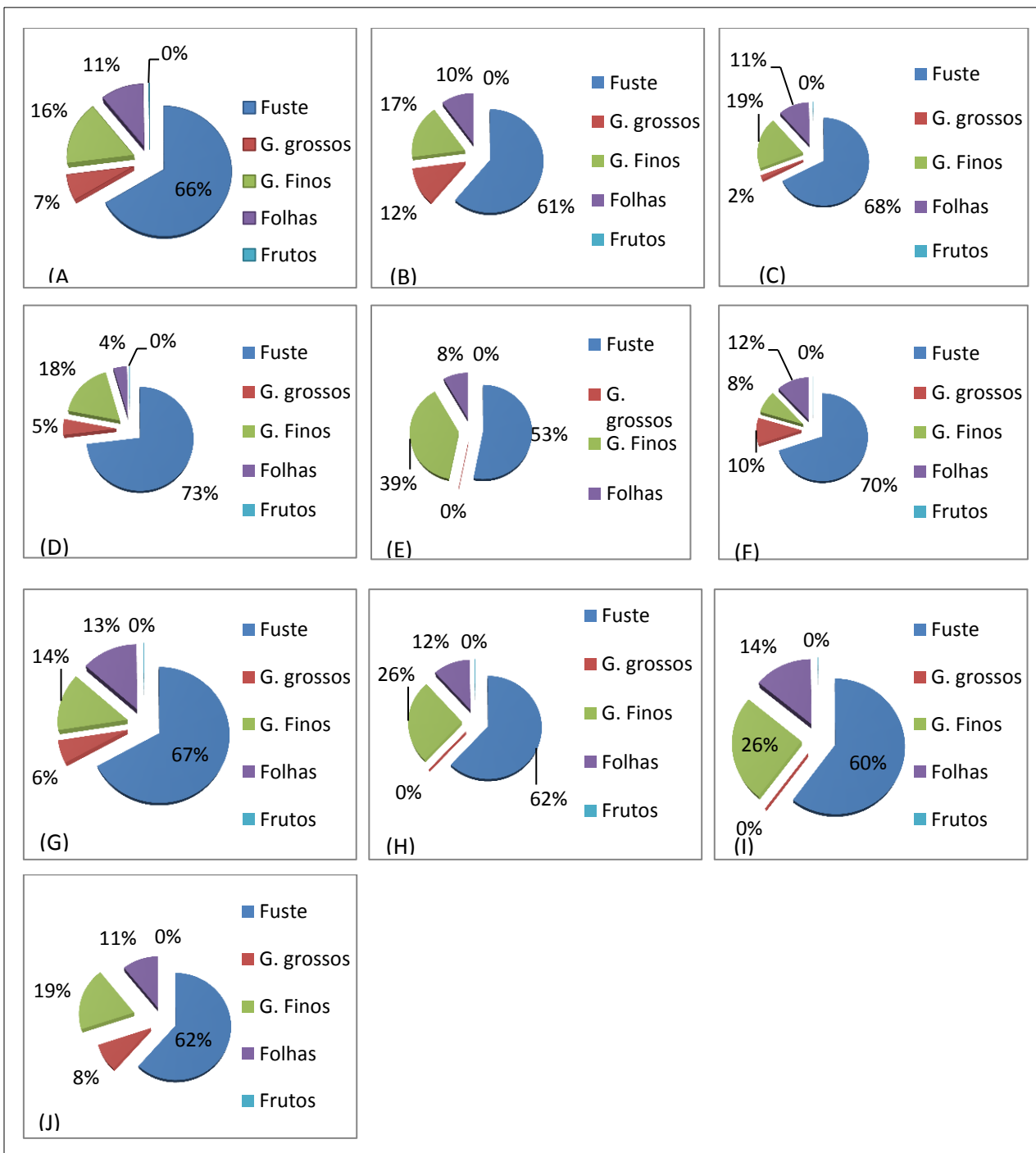


Figura 13 - Contribuição da biomassa fresca acima do nível do solo de cada compartimento (tronco, galho grosso, galho fino, folhas e frutos) de uma vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacoatiara – AM. (A) - todas as espécies; (B) – Amarelinho; (C) – Breu-Branco; (D) - Canela de Garça; (E) – Envira; (F) – Goiaba de Anta; (G) - Goiaba de Anta Branca; (H) - Lacre; (I) – Loro Capoeira; (J) – Parapara

Na Tabela 12 são apresentados resultados dos modelos ajustados para biomassa coeficientes de regressão, coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), erro padrão de estimativa (S_{yx} %). Das equações selecionadas para estimar a biomassa acima do solo, todas equações apresentaram o erro padrão da estimativa (S_{yx} %) abaixo de 10% de erro, já o R^2_{aj}

variou entre 78,54% e 95,54%. Santana et al. (2008) consideram um R^2 de 0,85 alto para um modelo bastante abrangente.

A equação 3 - $PS = \beta_0 d^{\beta_1}$ foi a que melhor se ajustou com o R^2_{aj} de 94,01% da variação dos dados e o erro padrão da estimativa de 3,98%. Já a equação de dupla entrada que melhor se ajustou foi a equação 6 - $PS = \beta_0 d^{\beta_1} H^{\beta_2}$ com o R^2_{aj} de 94,32% e um $S_{yx}(5) = 3,9$.

Tabela 12 - Resultado do ajuste das equações para biomassa florestal de uma vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacoatiara - AM.

Equação	Coeficientes			Estatísticas		
	β_0	β_1	β_2	F	Raj ²	S _{xy} (%)
1 $PS = \beta_0 + \beta_1 d^2$	-70,31	11,75	-	374*	80,74	7,10
2 $PS = \beta_1 d + \beta_2 d^2$	-	-2,3160	0,5772	964,6*	95,54	4,06
3 $PS = \beta_0 d^{\beta_1}$	0,1263	2,4245	-	923,7*	94,01	3,98
4 $LnPS = \beta_0 + \beta_1 Ln d$	-2,267	2,469	-	369,6*	80,55	2,56
5 $PS = \beta_0 + \beta_1 d^2 H$	-0,64699	0,07019	-	826,1*	90,26	5,05
6 $PS = \beta_0 d^{\beta_1} H^{\beta_2}$	0,08966	2,38330	0,25847	876,4*	94,32	3,90
7 $LnPS = \beta_0 + \beta_1 Ln(d^2 H)$	-1,794	0,845	-	322*	78,54	5,82
8 $PS = d^2(\beta_0 + \beta_1 H)$	0,19572	0,03837	-	898,4*	91,56	4,72

* significativo ao nível de 95% de probabilidade

Silva, (2007), estudando a biomassa de duas capoeiras uma com 14 anos e outra com 23 anos na região de Manaus, Os modelos de simples entrada, logarítmico e não linear, ou seja, $lnPF = \beta_0 + lnDAP$ e $PF = \beta_0 DAP^{\beta_1}$ com R^2 89% e 88% e um erro de respectivamente 4,48% e 3,38% para a capoeira de 14 anos, já na capoeira de 24 anos os melhores modelos foram os mesmos que a outra com o R^2 89% e 84% e um erro de 3,65% e 3,73%. Para os modelos de dupla entrada estudados pela mesma autora foram $lnPF = \beta_0 + lnDAP + \beta_1 ln HT$ e $PF = \beta_0 DAP^{\beta_0} HT^{\beta_0}$ com um R^2 89% e 88% e um erro 4,48% e 3,48% para a capoeira de 14 anos, na capoeira de 23 anos o R^2 foi de 92% para ambas e um erro 3,33% e 2,75%.

Nelson et al. (1999) em estudo realizado na estação experimental da Embrapa localizada a 52 km ao norte de Manaus, foram ajustados modelos para oito espécies de uma floresta secundária, sendo o modelo que melhor se ajustou para todas as espécies foi $Ln P = -1,9968 + 2,4128.Ln DAP$ com o R^2 98,4% e $S_{yx} = 0,0610$.

Já na análise gráfica dos resíduos as equações que melhor se destacaram foram $PS = 0,1263 d^{2,4245}$ e $PS = -2.3160d + 0.5772 d^2$. No entanto, todas as equações apresentaram tendência em aumentar a amplitude dos resíduos nas estimativas para árvores com maior DAP, como pode ser observado na FIGURA 14.

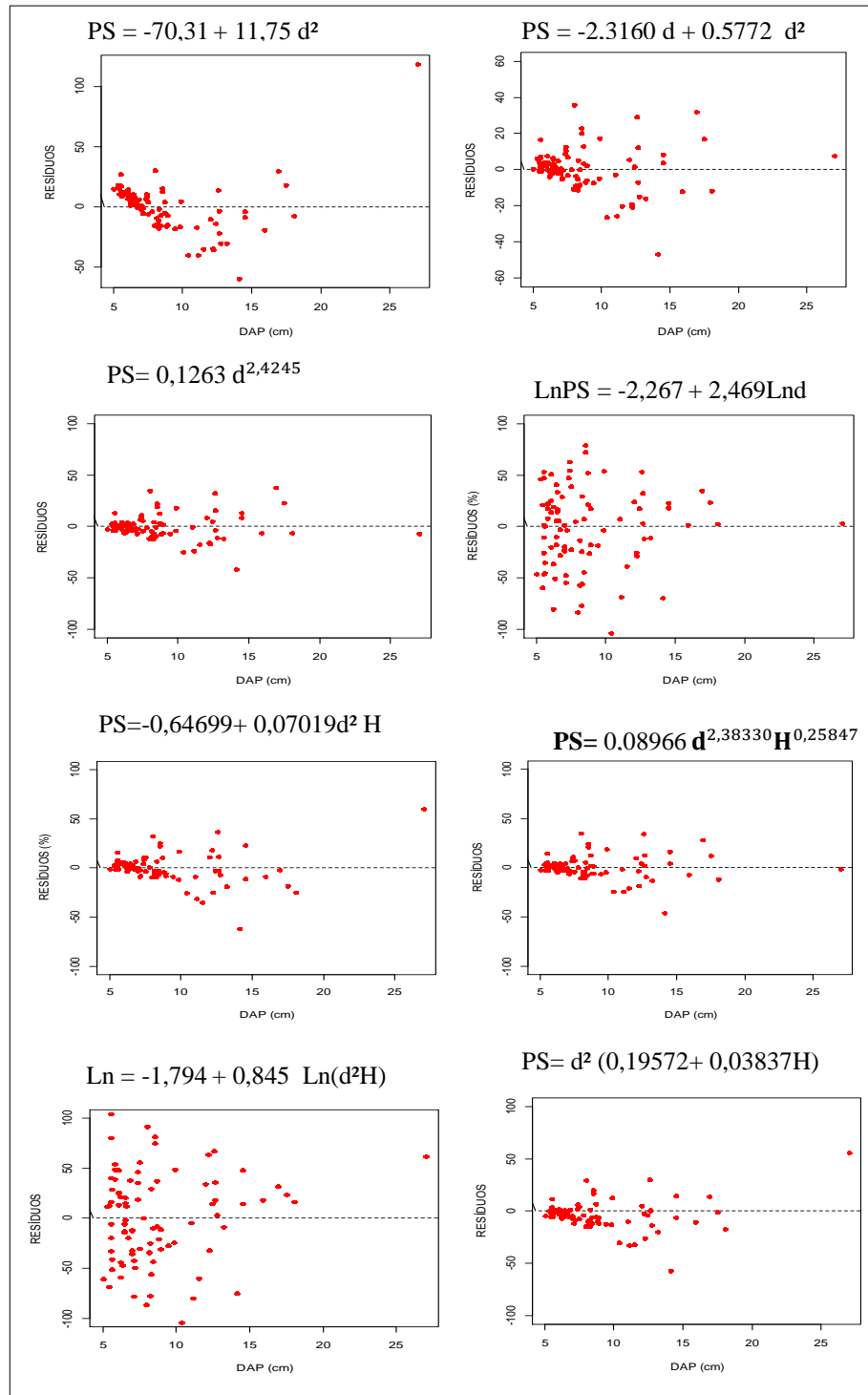


Figura 14 - Análise gráfica dos resíduos das equações ajustadas, para estimar a biomassa seca de nove espécies florestais de uma vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacoatiara - AM.

5.4.4. Equações de volume para as nove espécies de maior IVIA

Foram ajustados oito modelos para estimar o volume da madeira das nove espécies estudadas, em que se destaca a equação de simples entrada $V = \beta_0 d + \beta_1 d^2$ (Eq. 2) com o R^2_{aj} de 98,94 % e o erro padrão da estimativa S_{xy} (%) foi de 1,90 . Já nas equações de dupla, a equação dois - $\ln V = \beta_0 + \beta_1 \ln (d^2H)$ foi o que melhor se ajustou obtendo as melhores estatística com o R^2_{aj} de 98,87 o S_{xy} (%) de 1,62 (TABELA 13).

Silva & Araujo (1984), avaliando equações para árvores de pequeno diâmetro na Floresta Nacional do Tapajós, a que melhor se ajustou foi a de Kopecky-Gehrhardt ($V = -0,0994 + 0,00091941 D^2$).

Barros & Silva Junior (2009), testaram modelos de simples e dupla entrada em uma floresta no oeste do Pará e a equação de simples entrada que melhor se ajustou foi Brenac ($\log V = -3,54174100488 + 2,285072281554 \log DAP + 1,290856892227 (1/DAP)$) com o R^2 de 0.89 e S_{yx} 2,19. E a equação de dupla entrada foi Spurr ($V = 0,9767203 + 4,6066211 d^2 H$) com o R^2 0,91 e S_{yx} 1,8357

Tabela 13 - Resultados dos ajustes das equações para estimar o volume total de madeira de uma vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacoatiara - AM.

Equação	Coeficientes			Estatísticas		
	β_0	β_1	β_2	F	R^2_{aj}	S_{xy} (%)
1 $V = \beta_0 + \beta_1 d^2$	-0,17747	0,02955	-	788,5*	89,76	4,84
2 $V = \beta_1 d + \beta_2 d^2$	-	-0,004978	0,001383	4185*	98,94	1,90
3 $V = \beta_0 d^{\beta_1}$	0,000437	2,310159	-	3077,2*	97,86	2,21
4 $\ln V = \beta_0 + \beta_1 \ln d$	-8,790	2,723	-	1948*	95,58	27,68
5 $V = \beta_0 + \beta_1 d^2 H$	-0.0009448	0.0001755	-	3051*	97,13	2,56
6 $V = \beta_0 d^{\beta_1} H^{\beta_2}$	0,000253	2,219659	0,452834	3876,3*	98,87	1,62
7 $\ln V = \beta_0 + \beta_1 \ln (d^2H)$	-8,4074	0,9577	-	3004*	97,09	22,31
8 $V = d^2 (\beta_0 + \beta_1 H)$	0,0003817	0,0001133	-	3196,6*	97,94	2,17

* significativo ao nível de 95% de probabilidade

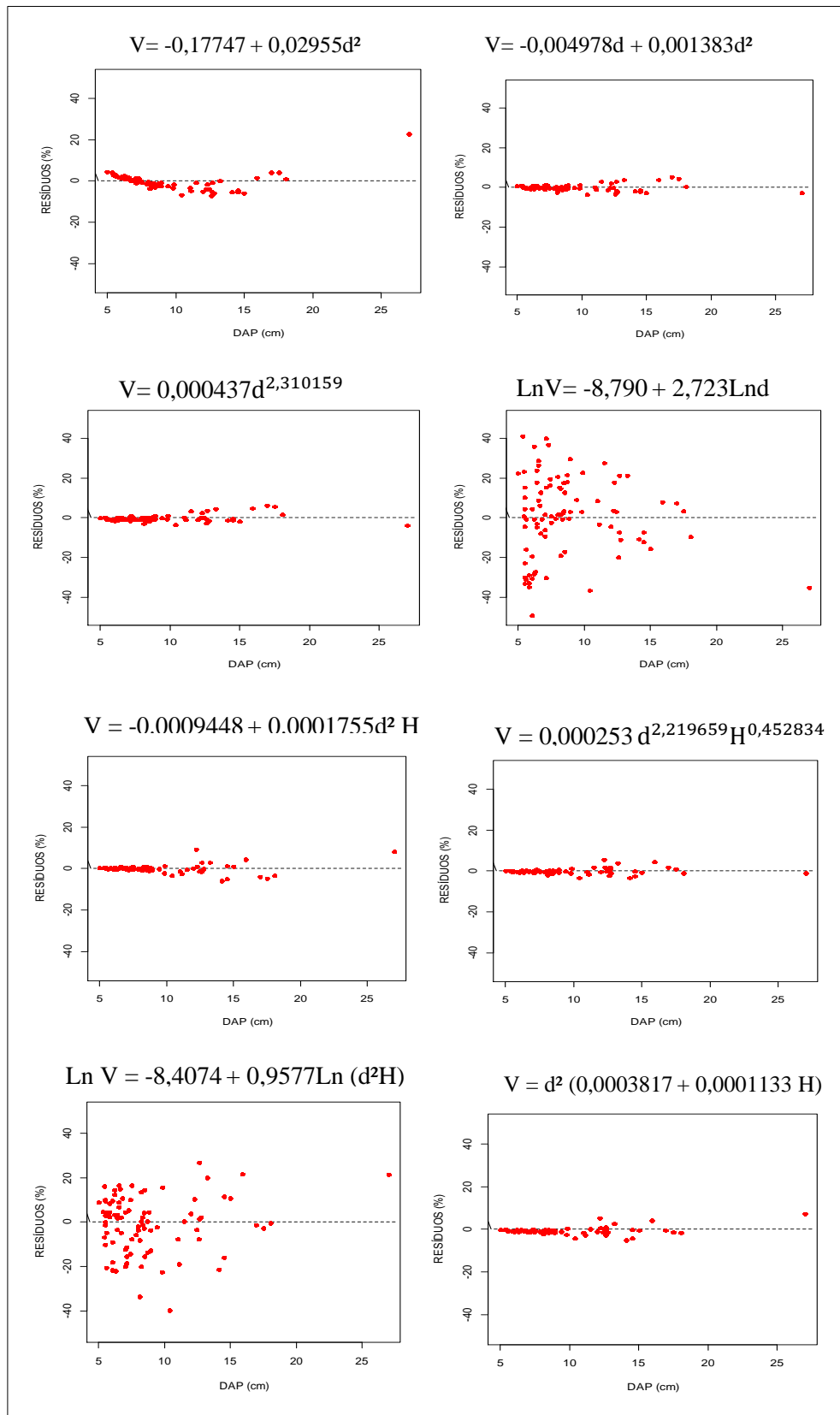


Figura 15 - Análise gráfica dos resíduos das equações ajustadas, para estimar o volume de madeira de nove espécies florestais de uma vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil no Município de Itacoatiara - AM.

5.4.5. Caracterização da densidade e do poder calorífico de nove espécies para produção de energia

Os resultados médios da densidade e do poder calorífico, bem como os valores do Teste t Student, ao nível de 95 %, são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Caracterização energética de nove espécies da vegetação do sub-bosque de um plantio de Castanha do Brasil – Valor de referência para densidade – 0,65 g/cm³; valor de referência para o poder calorífico – 4,200 Kcal/kg

Espécies	Nome Científico	Densidade básica		Poder Calorífico		
		(g/cm ³)	Valor de t		(Kcal/kg)	Valor de t
Amarelinho	<i>Pogonophora schomburgkiana</i> Miers	0,72	2,47*	P		
Breu-Branco	<i>Dacryodes</i> sp.	0,53	7,97*	N		
Canela de Garça	<i>Trichanthera gigantea</i>	0,76	2,99*	P		
Envira	<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	0,46	8,87*	N		
Goiaba de Anta	<i>Bellucia dichotoma</i> Cogn.	0,73	4,66*	P	4550,3	3,64* P
Goiaba de Anta Branca	<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana.	0,73	5,82*	P		
Lacre	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Pers.	0,73	4,00*	P		
Loro Capoeira	<i>Ocotea</i> sp	0,54	4,95*	N		
Parapara	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.	0,42	9,94*	N		

* significativo ao nível de 95% de probabilidade; ns – não significativo; P – propícia para produção de energia; N – não é propícia para a produção de energia

Para avaliação da densidade básica para o potencial energético. Cinco espécies obtiveram valores médios maiores que o valor de referência (0,65g/cm³), deste modo possui condições da densidade favoráveis para a produção de energia. Sendo elas: *Pogonophora schomburgkiana* Miers. Ex Benth , (0,72 g/cm³); *Trichanthera gigantea* (0,73 g/cm³); *Bellucia dichotoma* Cogn (0,73 g/cm³); *Bellucia grossularioides* (L.) Triana. (0,73 g/cm³), e *Vismia guianensis* (Aubl.) Pers (0,73 g/cm³).

Já avaliando o poder calorífico, a espécie *Bellucia dichotoma* Cogn foi propícia para a produção de energia (4550,3 kcal/kg), esse valor foi maior que o de Barros *et al*, (2009) estudando o poder calorífico de duas espécie em um plantio na Estação Experimental da EMBRAPA no município de Iranduba, mostraram o poder calorífico para *A. auriculiformis* (4383,65 kcal/kg) e *O. paraenses* (4381,24 kcal/kg).

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos conclui-se que:

- A vegetação do sub-bosque do plantio de Castanha-do-brasil observou-se uma média de 880,89 ind/ha, um volume de madeira de 96,86 m³/ha, área basal de 8,49 m²/ha e biomassa de 21,03 ton/ha;
- Foram encontradas 61 espécies distribuídas em 48 gêneros e 31 famílias botânicas, e as que possuem maior riqueza de espécies são: Annonaceae, Melastomataceae e Fabaceae com seis espécies cada;
- A diversidade florística da área em estudo utilizando-se o Índice de Shannon-Weaver (H'), e pelo Quociente de Mistura de Jentsch (QM), sendo a qualidade da amostragem avaliada pela Equabilidade de Pielou (J). Os valores encontrados para estes índices foram H' = 2,13, J = 0,51 e QM = 1:32,5, indicando uma baixa riqueza, uma homogeneidade de espécies;
- As espécies que mais se destacaram na estrutura horizontal da vegetação (IVI), foram a Goiaba de Anta (*Bellucia dichotoma Cogn*) (96,73), representando 32,26 % do valor total do IVI, e Lacre (*Vismia guianensis (Aubl.) Pers.* (47,26), 15,93 % do total, essas duas espécies juntas representam 48,19 % do valor total do IVI, ou seja, elas dominam quase metade do ambiente;
- A estrutura vertical, posições Sociológicas, mostra que 13,12 % dos indivíduos amostrados encontram-se no estrato de altura inferior, até 7,84 m; 68,43 % no estrato médio, entre 7,84 m e 13,22 m; e 12,56 % no dossel superior, acima de 13,22 m. Os resultados indicam que a vegetação está em pleno processo de evolução, pois a maioria dos indivíduos encontra-se no estrato médio.
- O fator de empilhamento médio para o grupo das nove espécies foi 0,88;
- O modelo de simples entrada $PS = 0,1263 d^{2,4245}$ apresentou os melhores resultados, R²aj de 94,01% e o erro padrão da estimativa de 3,98%;
- As equações de volume da madeira que se destacou $V = -0,004978d + 0,001383d^2$ com o R²aj de 98,94 % e o erro padrão da estimativa S_{xy}(%) foi de 1,90;
- As espécies com potencial energético com base na densidade básica são: *Pogonophora schomburgkiana Miers. Ex Benth* , (0,72 g/cm³); *Trichanthera gigantea* (0,73 g/cm³); *Bellucia dichotoma Cogn* (0,73 g/cm³); *Bellucia grossularioides (L.)*

Triana. (0,73 g/cm³), sendo que esta espécie obteve o maior valor no teste t (5,82) e *Vismia guianensis* (Aubl.) Pers(0,73 g/cm³).

- A espécie com potencial energético com base no poder calorífico é: *Bellucia dichotoma* Cogn (4.550,3 Kcal/g)

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVINO, F.O; SILVA, M.F.F & RAYOLVOL, B.P. 2005. Potencial de uso das espécies arbóreas de uma floresta secundária, na Zona Bragantina, Pará, Brasil. *Acta Amazônica*, 35: 413 - 420.

BARBOSA, E. A.; AZEVEDO, L. G.; SANTOS, M. B. G. Gestão econômica: análise comparativa de alternativas energéticas utilizadas em fornos de indústrias de panificação. In: XXIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24, 2004. Florianópolis. p. 2092 – 2098. 2004.

BARROS, S. V. S.; NASCIMENTO, C. C.; AZEVEDO, C. P.; PIO, N. S.; COSTA, S. S. Avaliação do potencial energético das espécies florestais *Acacia auriculiformis* e *Ormosia paraensis* cultivadas no município de Iranduba/Amazonas. *Madera y Bosques, Xalapa*, v. 15, n. 2, p. 59-69, 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional 2013: ano base 2012. Rio de Janeiro: EPE, 2006. 188 p.

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. *Estudos avançados*. São Paulo. 21 (59), p. 1-9, 2007.

BROWN, S.; LUGO, A. Tropical secondary forest. *Journal of Tropical Ecology*, v. 6, 1990.

BROWN, S.; LUGO, A.E. 1990. Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology*, 6: 1-32.

CARAIOLA, M.; PÉLLICO NETO, S. Análise de uma estrutura horizontal de uma floresta estacional semidecidual localizada no município de Cássia, MG. *Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais*, Curitiba, v.1, n.2, p. 11-19, 2003.

COUTO, L.; FONSECA, E.M.B.; MÜLLER, M.D. O estado da arte das plantações de florestas de rápido crescimento para produção de biomassa para energia em Minas Gerais: aspectos técnicos, econômicos sociais e ambientais. Belo Horizonte: CEMIG, 2000. 44p.

CUNHA, M.P.S.C.; PONTES, C.L.F.; CRUZ, I. A.; CABRAL, M. T. F. D.; CUNHA NETO, Z.B.; BARBOSA, A.P.R. Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em

caldeiras. In: 3º encontro Brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira: Anais, v.2, p. 93-121, São Carlos, 1989.

FABER-LANGENDOEN, D.; GENTRY, A.H. The structure and diversity of rain forests at Bajo Calima, Chocó region, western Colombia. *Biotropica*, 1991. 23(1): 2-11.

FEARNSIDE, P.M.; LEAL FILHO, N.; FERNANDES, F.M. 1993. Rainforest Burning and the Global Budget: Biomass, combustion efficiency and charcoal e formation in the Brazilian Amazon. *Journal of Geophysical Research*, 98 (D9):16733-26743

FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. Conceitos e métodos em fitossociologia. Brasília: Universidade de Brasília. 68p. 2003.

FINOL, U. H. Nuevos parâmetros a considerarse em el analisis estructural de las selvas virgenes tropicales. *Rev. For. Venez.*, 14 (21): 29-42p. 1971.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Global forest resources assessment 2005. Rome: FAO, 2006. 320 p.

FOSTER BROWN, I.; MARTINELLI, L.A.; WAYT THOMAS, W.; MOREIRA, M.Z.; CID FERREIRA, C.A.; VICTORIA, R. 1995. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: an example from Rondônia, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 75: 175-1989.

GUIMARÃES, W.M. 1993. Liberação do Carbono e mudanças nos estoques de nutrientes contidos na biomassa aérea e no solo resultantes de queimadas e pastagens abandonadas em Altamira, Pará. Dissertação de mestrado em ciências biológicas - Universidade Federal do Amazonas - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; COSTA, R.B.; PINTO, A.C.M.; SILVA, R.P.; ROCHA, R.M. 2003. As possibilidades do manejo sustentável em fragmentos florestais na Amazônia Legal. In: Costa, R.B. (Org.). *Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na Região Centro-Oeste*. Campo Grande, MS: UCDB, 1: 161-174.

JARA, E.R.P. O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 1989. (Comunicação Técnica, 1797)

JARDIM, F. C. S.; SENA, J. R. C. DE; MIRANDA, I. de S. Dinâmica e estrutura da vegetação com DAP \geq 5cm em torno de clareiras da exploração florestal seletiva em Moju, Pará. *Revista de Ciências Agrárias* (Belém), v. 49, p. 41-52, 2008.

LAMPRECHT, H. *Silvicultura nos Trópicos: Ecossistemas Florestais e Respectivas Espécies Arbóreas – Possibilidades e Métodos de aproveitamento Sustentado*. Rossdorf: TZ – Verl.-Ges., p. 316. 1990.

LIMA, A.J.N. 2001. Análise da estrutura e do estoque defitomassa de florestas secundárias, resultantes de corte raso seguido de queimada, da região de Manaus (AM). Dissertação de mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, 71p.

LIMA, C.R.; BAJAY, S.V. A reposição florestal obrigatória e o planejamento energético regional. *Revista Baiana de Tecnologia – TECBAHIA. EDITEC*, Camaçari, 2000. 1(15): 140-144.

LÓPEZ, M.; KONING, R.; PAREDES, H.; BENITES, P. 2002. Estimación de Carbono en Biomasa de bosques secundários y plantaciones forestales em el Noroccidente Del Ecuador. Proyecto CO2- GTZ. Casilla 17- 21-1925, Quito - Ecuador, 42p.

LEITÃO FILHO, H.F. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e sub-tropicais do Brasil. *IPEF*, n.35, p.41-46, abr. 1987.

LISBOA, P.L.B. 1989. Estudo florístico da vegetação arbórea de uma floresta secundária, em Rondônia. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, sér. Bot.* 5(2):145-162.

OLIVEIRA, B. 1982. Produção de carvão vegetal: aspectos técnicos. In *Produção e utilização de carvão vegetal*. CETEC, MG. p: 61-73.

OLIVEIRA, A. D.; LEITE, A. P.; BOTELHO; S. A.; SCOLFORO, J.R. S. Avaliação econômica da vegetação de cerrado submetido a diferentes regimes de manejo e de povoamentos de eucalipto plantado em mono cultivo. *Revista Cerne*, v. 4, n. 1, p. 34-56, 1998.

ODUM, E.P. 1972. *Fundamentals of Ecology*. México: Interamericana, 639p.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE LAS MADERAS TROPICALES - OIMT. 2002. Directrices para la restauración, manejo y rehabilitación de los bosques tropicales degradados y secundários. Series Políticas de Desarrollo de la OIMT, n. 13, Yokohama, Japón.

OOSTERHOORN, M.; KAPPELLE, M. 2000. Vegetation structure and composition along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rica montane cloud forest. *Forest Ecology and Management*, 126: 291-307.

PASCAL, J-P.; PELLISSIER, R. Structure and floristic composition os a tropical evergreen Forest in south-west India. *J. Trop. Ecol.*, 1996.12: 191-213.

PEREIRA, C.A.; VIEIRA, I.C.G. 2001. A importância das florestas secundárias e os impactos de sua substituição por plantios mecanizados de grãos na Amazônia. *Interciência*, 26(8): 337-341.

QUEIROZ, J. A. L. DE; MOCHIUTTI, S.; MACHADO, S. DO A.; GALVÃO, F. Composição florística e estrutura de floresta em várzea alta estuarina amazônica. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 35, n. 1, p. 41-56, 2005.

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

RADAM BRASIL. 1978. Programa de Integração Nacional. Levantamentos de Recursos Naturais. V.18 (Manaus) - RADAM (Projeto) DNPM, Ministério das Minas e Energia. Brasil, 626p

REZENDE, M.A., J.R.C. SAGLIETTI, R. CHAVES. 1998. Variação da massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* aos 8 anos de idade em função de diferentes níveis de produtividade. *Scientia Forestalis* 53: 71-78.

RIOS, M.; MARTINS-DA-SILVA, R.C.V.; SABOGAL, C.; MARTINS, J.; SILVA, R.N.; BRITO, R.R.; BRITO, I.M.; BRITO, M.F.C.; SILVA, J.R.; RIBEIRO, R.T. 2001. Benefícios das plantas da capoeira para a comunidade de Benjamin Constant, Pará, Amazônia Brasileira. CIFOR, Belém, 54p.

RICKLEFS, R.E. *A Economia da Natureza*. 5ª edição Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 493 p. 2003.

- RODRIGUES, W.A.. Estudo de 2,6 hectares de mata da terra firme da Serra do Navio, Território do Amapá. Boletim do Museu Goeldi, Belém (15), 1963.
- SANTOS, R. M. DOS; VIEIRA, F. DE A. Análise estrutural do componente arbóreo de três áreas de Cerrado em diferentes estádios de conservação no município de Três Marias, Minas Gerais, Brasil. *Cerne*, Lavras, v.11, n. 4, p. 399-408, 2005.
- SALOMÃO, R.P.; NEPSTAD, D.C.; VIEIRA, I.C. 1998. Biomassa e estoque de florestas tropicais primária e secundária. In: *Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo* (Gascon, C. e Moutinho, P. – editores). p. 99–119.
- SERRÃO, E.A. 1994. Technologies and policies for containing deforestation in tropical moist forests: the case of the Amazon. Expanded version of the paper presented at the Regional Seminar on Research Needs and Priorities on Forestry and Agroforestry Policies, San José, Costa Rica, July 1993. A contribution to the Dialogue on Science, Forests and Sustainability, Indonesia, December.
- SILVA, L.O; COSTA, D.A; FILHO, K.E.S.; FERREIRA, H.D, BRANDÃO, D. Florístico e Fitossociológico em duas áreas de cerrado sensu stricto no parque estadual da serra de Caldas Novas, Goiás. *Acta Botânica Brasilica* v. 16, n. 1, p. 43-53, 2002.
- SILVA, J.N.M.; ARAÚJO, S.M.A. 1984. Equação de volume para árvores de pequeno diâmetro na Floresta Nacional do Tapajós. *Boletim de Pesquisa Florestal*, 8/9: 16-25.
- SILVA, R.P. 2007. Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM). Tese de doutorado. Manaus/INPA 152 p.
- SCHMIDT M.; BOTZ R.; FABER E.; SCHMITT M.; POGGENBURG J.; GARBE-SCHANBERG D.; STOFFERS P. 2003. High-resolution methane profiles across anoxic brine-seawater boundaries in the Atlantis-II, Discovery, and Kebrit deeps (Red Sea). *Chemical Geology*, 200, 359-376.
- STEININGER, M.K. 2000. Secondary Forest Structure and Biomass Following Short and Extended Land-use in Central and Southern Amazonian. *Journal of Tropical Ecology*, 16: 689-708.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, J. R. M.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M.; MENDES, L. F. B. Rendimentos e características do carvão vegetal em função da posição radial da amostragem em clones de *Eucalyptus*. *Cerne*, Lavras, v. 11, n. 2, p. 178-186, jul./dez. 2005.

TRACEY, J.G. 1985. A note on rain forest regeneration. In: SHEPI-ERD, Richter. *Managing the tropical forest*. s. l., Australian National University, p. 2258.

UHL, C. 1982. Recovery following disturbances of different intensities in the Amazon rainforest of Venezuela. 7:19-24.

UHL, C.; CLARK, H.; CLARK, K.; MARQUIRINO, P. 1982. Sucessional patterns associated with slash-and-burn agriculture in the upper Rio Negro Region of the Amazon Basin. *Biotropica*, 14: 249-254.

UHLIG, A. Lenha e carvão vegetal no Brasil: balanço oferta-demanda e métodos para a estimação do consumo. 2008. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Eletrotécnica e Energia, 2008.

VALE, A.T., M.A.M. BRASIL, A.L. LEÃO. 2000. Caracterização da madeira e da casca de *Sclerobium paniculata*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens* para uso energético. UNESP/Botucatu-SP.

WADSWORTH, F.H. 1993. EL MANEJO DE VALE, A.T., M.A.M. BRASIL, A.L. LEÃO. 2000. Caracterização da madeira e da casca de *Sclerobium paniculata*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens* para uso energético. UNESP/Botucatu-SP