

JORDANIA DE CÁSSIA DE ARAÚJO COSTA

**FIXAÇÃO DE CARBONO E PRODUÇÃO DE BIOMASSA PELA
CUPIÚVA (*Tapirira guianensis* Aubl.), EM UM FRAGMENTO
MANEJADO DE MATA ATLÂNTICA,
MUNICÍPIO DE GOIANA-PE**

RECIFE

2004

JORDANIA DE CÁSSIA DE ARAÚJO COSTA

**FIXAÇÃO DE CARBONO E PRODUÇÃO DE BIOMASSA PELA
CUPIÚVA (*Tapirira guianensis* Aubl.), EM UM FRAGMENTO
MANEJADO DE MATA ATLÂNTICA,
MUNICÍPIO DE GOIANA-PE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, Área de Concentração: Manejo Florestal.

Orientador:

Profº Dr. Levy Paes Barreto

Co-orientadores:

Profº Dr. José Antônio Aleixo da Silva

Profº Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira

RECIFE

2004

JORDANIA DE CÁSSIA DE ARAÚJO COSTA

**FIXAÇÃO DE CARBONO E PRODUÇÃO DE BIOMASSA PELA
CUPIÚVA (*Tapirira guianensis* Aubl.), EM UM FRAGMENTO
MANEJADO DE MATA ATLÂNTICA, MUNICÍPIO DE GOIANA-PE**

APROVADA em: 22/12/2004

Banca Examinadora:

Prof. Egídio Bezerra Neto, Dr - UFRPE

Prof. Silmar Gonzaga Molica, Dr - UFRPE

Prof. José Antônio Aleixo da Silva, Ph.D. - UFRPE

Orientador:

Prof. Levy Paes Barreto, Dr - UFRPE

**RECIFE-PE
Dezembro/2004**

DEDICATÓRIA

A meus pais, Ivan e Amara, meus filhos Larissa e Ricardo Diogo, meu marido Ricardo e meus irmãos Ivanildo e Ivan Filho (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

A DEUS que sempre me dar forças para vencer todos os obstáculos da vida.

A minha mãe Amara, meus filhos Larissa e Ricardo Diogo, e meu marido Ricardo que me apoiaram e compreenderam a minha ausência familiar para dedicar-me na realização deste trabalho.

Ao Prof^o Dr. Levy Paes Barreto, pela orientação, apoio, companheirismo e amizade.

Aos Professores Dr. José Antônio Aleixo da Silva e Dr. Rinaldo Luis Caraciolo Ferreira pela orientação, solicitude e amizade.

Aos Professores Isabelle Meunier, Silmar Molica, Expedito Baracho e Egídio Bezerra Neto, pela colaboração durante o desenvolvimento da pesquisa.

Aos colegas de curso pela amizade e aprendizado.

Ao Dr. Ricardo Essinger proprietário da Fazenda Megaó, por possibilitar a realização dessa pesquisa em sua propriedade.

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA pela autorização de corte da *Tapirira guianensis* para o desenvolvimento da pesquisa em um fragmento de Mata Atlântica em Pernambuco.

A todos que ajudaram na árdua coleta de dados no campo, um agradecimento especial, meu irmão Ivanildo, meus amigos; Del, Leo, Ivógenes, Deusa, Dan, Roberto.

A dois estagiários queridos Miriam Chagas e Jean Santos que realizaram comigo todas as análises químicas desse trabalho.

A Ronaldo Cesar colega do mestrado que colaborou nas análises estatísticas da pesquisa.

Ao meu colega Lucimauro que durante o período do mestrado esteve sempre comigo me ajudando em todos os momentos que precisei.

A todos aqueles que mereciam estar aqui, mas que, por minha culpa foram omitidos, um agradecimento muito especial.

SUMÁRIO

| | Página |
|--|--------|
| RESUMO | |
| ABSTRACT | |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 <i>Características Gerais da Floresta Atlântica.</i> | 3 |
| 2.2 <i>Características Gerais da Tapirira guianensis Albl.</i> | 4 |
| 2.3 <i>Estimativa de Biomassa em Ecossistemas Florestais</i> | 5 |
| 2.4 <i>Carbono na Biomassa Florestal</i> | 8 |
| 2.5 <i>Seleção de Modelos para Estimar a Biomassa e Carbono Arbóreo</i> | 9 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 14 |
| 3.1 <i>Caracterização da Área de Estudo</i> | 14 |
| 3.2 <i>Estimativa da Densidade de Brotação e Estrutura Diamétrica de Brotos</i> | 15 |
| 3.3 <i>Seleção dos Brotos Amostras</i> | 16 |
| 3.4 <i>Medição e Cubagem dos Fustes das Brotações</i> | 17 |
| 3.5 <i>Determinação da Densidade da Madeira dos Fustes das Brotações</i> | 17 |
| 3.6 <i>Determinação da Biomassa dos Fustes das Brotações</i> | 17 |
| 3.7 <i>Pesagem e Amostragem dos Componentes da Parte Aérea</i> | 18 |
| 3.8 <i>Determinação da Biomassa Seca em Componentes da Parte Aérea</i> | 18 |
| 3.9 <i>Análise do Carbono</i> | 19 |
| 3.10 <i>Análise Estatística</i> | 19 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 22 |
| 4.1 <i>Densidade das Brotações e Estrutura Diamétrica de Brotos</i> | 22 |
| 4.2 <i>Teor de Umidade na Biomassa dos Brotos</i> | 26 |
| 4.3 <i>Densidade Básica da Madeira dos Fustes dos Brotos</i> | 28 |
| 4.4 <i>Teor de Carbono Orgânico em Componentes da Biomassa dos Brotos</i> | 29 |
| 4.5 <i>Seleção dos Modelos para Estimar Produção de Biomassa e Fixação de Carbono em Componentes das Brotações</i> | 31 |
| 4.6 <i>Acúmulo de Biomassa e de Carbono em Brotações com 1 a 8 anos de Idade</i> | 38 |
| 5 CONCLUSÕES | 44 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 45 |
| ANEXO A | 54 |
| ANEXO B | 64 |

LISTA DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|--------|---|--------|
| 1 | Estudo da densidade, distribuição diamétrica da <i>Tapirira guianensis</i> na Fazenda Megaó, Município de Goiana - PE. | 15 |
| 2 | Acúmulo de biomassa e carbono da <i>Tapirira guianensis</i> nas idades de um a oito anos em um fragmento manejado de Mata Atlântica em Goiana –PE. | 38 |
| 3 | Distribuição relativa da biomassa da <i>Tapirira guianensis</i> nas idades de um a oito anos, em um fragmento manejado de Mata Atlântica em Goiana –PE. | 42 |
| 4 | Distribuição relativa do carbono <i>Tapirira guianensis</i> nas idades de um a oito anos, em um fragmento manejado de Mata Atlântica em Goiana –PE. | 42 |

LISTA DE TABELAS

| Tabela | | Página |
|--------|---|--------|
| 1 | Distribuição dos brotos-amostra por classes de diâmetro na base e altura total | 16 |
| 2 | Número de brotos por caule da <i>Tapirira guianensis</i> , nas faixas de manejo florestal com um a oito anos de idade na Fazenda Megaó, Município de Goiana –PE | 23 |
| 3 | Densidade populacional de brotação da <i>Tapirira guianensis</i> , nas faixas de manejo com um a oito anos de idade, na Fazenda Megaó, Município de Goiana –PE | 24 |
| 4 | Distribuição de freqüência de diâmetros (cm) de brotos da <i>Tapirira guianensis</i> , nas faixas de manejo com um a oito anos de idade, na Fazenda Megaó, Município de Goiana –PE | 25 |
| 5 | Média dos diâmetros dos brotos da <i>Tapirira guianensis</i> , obtidos nas faixas de manejo florestal com um a oito anos de idade, na Fazenda Megaó, Município de Goiana –PE | 26 |
| 6 | Teor de umidade (%), por classe de idade, da <i>Tapirira guianensis</i> , na Fazenda Megaó, Goiana-PE | 27 |
| 7 | Densidade básica da madeira em (g/cm ³), no sentido longitudinal da <i>Tapirira guianensis</i> ., em diferentes alturas do fuste (H _F) (0, 50 e 100%), nas idades de um a oito anos | 29 |
| 8 | Teores médios de carbono da <i>Tapirira guianensis</i> , para cada componente da parte aérea, nas idades de um a oito anos | 31 |
| 9 | Equações referentes ao modelo 8 (logarítmico), com o volume da primeira seção e altura do fuste, que estimam biomassa e carbono total, e dos componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA) | 36 |
| 10 | Biomassa arbórea real e estimada em (Mg ha ⁻¹) da <i>Tapirira guianensis</i> nas idades de um a oito anos na Fazenda Megaó, Goiana – PE | 37 |
| 11 | Carbono arbóreo real e estimado em (Mg ha ⁻¹), da <i>Tapirira guianensis</i> nas idades de um a oito anos na Fazenda Megaó, Goiana – PE | 37 |

COSTA, JORDANIA DE CÁSSIA DE ARAÚJO, Fixação de carbono e produção de biomassa pela Cupiúva (*Tapirira Guianensis* Aubl.), em um fragmento manejado de Mata Atlântica, Município de Goiana - PE. 2004. Orientador: Levy Paes Barreto. Co-orientadores: José Antônio Aleixo da Silva e Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira.

RESUMO

O acúmulo e o fluxo de CO₂ em florestas têm sido o foco de recentes pesquisas, por causa do papel do gás carbônico na mudança do clima global. Como espécies de rápido crescimento são consideradas eficientes na fixação de carbono, o objetivo deste trabalho foi estimar a biomassa e o carbono de *Tapirira guianensis*, que é uma espécie nativa da mata atlântica de rápido crescimento. O estudo foi realizado no município de Goiana – PE, em um fragmento manejado de Mata Atlântica com rotação de oito anos. Após a avaliação das características dendrométricas, foram derrubadas 80 árvores amostras, sendo 10 para cada classe de idade, das quais determinaram-se os pesos frescos e coletaram-se amostras de folhas, galhos, casca e madeira para determinação da densidade média da madeira e do teor de carbono. Posteriormente, estabeleceram-se as melhores equações para estimar a biomassa e o carbono de cada componente arbóreo, que se basearam em um modelo utilizado para estimar volume de madeira, cuja variável independente é constituída pelo volume da primeira tora ou de uma seção do tronco. Com base no coeficiente de determinação e análise gráfica dos resíduos, constatou-se que o melhor modelo foi o logarítmico, cujas variáveis independentes são o volume da seção 0,10 a 0,30 m (VS₁) e altura do fuste (H_F). O teor de carbono da espécie variou de 51,18 a 53,54 % da biomassa total. A produção total de biomassa acima do solo com oito anos de idade foi estimada em 133,57 Mg ha⁻¹, e de carbono em 68,81 Mg ha⁻¹, representando um incremento médio de 16,70 Mg ha⁻¹ano⁻¹ e 8,60 Mg ha⁻¹ano⁻¹ respectivamente. Essa é uma espécie que apresenta um grande potencial para seqüestro de carbono.

COSTA, JORDANIA DE CÁSSIA DE ARAÚJO. 2004. Adviser: Levy Paes Barreto
Comitte: José Antônio Aleixo da Silva and Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira.

ABSTRACT

Carbon storage and fluxes in forests have been the focus research recent years because of the role of CO₂ in global climate change. Fast growth forest plantations are highly efficient systems in terms of carbon sequestration. The objective of this study was to quantify biomass and accumulated carbon in the different components (leaves, branches, bark and wood) of *Tapirira guianensis* specie of fast growth of the Atlantic Forest. The work was carried out in Goiana in the federal state of Pernambuco, in a fragment of the Atlantic Forest submitting management with rotation of eight years. Dendrometric characteristics of the trees were evaluated and samples of leaves, breaches, barck and wood were taken from 80 trees with age 1 to 8 years old, for determination wood specific density and organic carbon. Equations were selected for estimation the biomass and carbon of the each component, based of the model which had as independent variables section volume of the trunk. The choice of the best model was based on the classical criteria of the regression analysis, such as: coefficient of determination, and graphic residual analysis. The logarithmic model, which had independent variables volume the first section the 0.10 to 0.30 m (VS₁) and trunk height (H_T), produced the best results for the biomass and carbon. The relative concentration of the carbon varied among 51.18 a 53.54 % of the total biomass. The total production of *Tapirira guianensis* above-ground biomass with eight years old was 133.57 Mg ha⁻¹ and carbon acumulation 68,81 Mg ha⁻¹, that produces increments of 16,70 Mg ha⁻¹ per year and 8,60 Mg ha⁻¹ per year respectively. That specie has high potential for carbon sequestration.

1. INTRODUÇÃO

Anualmente, são lançados na atmosfera grande quantidade de gás carbônico, proveniente da queima de combustíveis fósseis e de mudanças no uso da terra. O aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera, com conseqüências amplas sobre a terra, tem gerado grandes preocupações para a comunidade científica mundial desde 1970, principalmente, em razão do aumento da temperatura, cuja elevação é prevista ocorrer entre 1,5 °C a 4,5 °C até o ano de 2050 (CHACON, 2000). Como os processos de crescimento e desenvolvimento das plantas são controlados, dentre outros fatores, pela temperatura (LARCHER, 2000), e a depender da constituição genética da vegetação, pequenas variações na temperatura podem inviabilizar a sua existência (LEDIG e KITZMILLER 1992). Além disso, existe a possibilidade do aumento do nível do mar, causando inundações em áreas litorâneas e mudanças climáticas, gerando grandes enchentes, secas devastadoras, tornados, ciclones, maremotos, proliferação de insetos, entre outras conseqüências que poderiam inviabilizar a vida no planeta.

Como o controle do aumento de dióxido de carbono na atmosfera é imprescindível, fatos políticos importantes estão ocorrendo ao longo dos últimos anos, dos quais destaca-se a Convenção sobre Mudanças Climáticas realizada em 1997 na cidade de Kyoto – Japão, que teve como tema principal o chamado “efeito estufa” decorrente da emissão de gases retentores de calor como o CO₂. Como resultado dessa convenção surgiu o Protocolo de Kyoto que possibilita muitos países iniciarem programas internos e externos objetivando reduções das emissões de CO₂.

Uma das alternativas é explorar o crescimento dos vegetais como potencial para captura e fixação de carbono por meio do processo de fotossíntese, que associado com outros elementos químicos, resulta em acúmulo de substâncias mais complexas, dentre as quais compostos celulósicos constituintes da madeira. Dentre os vegetais, as florestas se constituem em tipo exclusivo, por que possuem a capacidade de capturar e fixar carbono por décadas e armazená-lo na forma de madeira. Assim, as florestas nativas ou implantadas têm sido apontadas como drenos de dióxido de carbono.

O interesse em florestas plantadas para “seqüestro de carbono” tem sido maior, em razão da mais alta taxa de crescimento e, portanto, maior capacidade de fixar carbono da atmosfera. Em florestas naturais, ainda existe um grande desconhecimento da capacidade de fixação, devendo, para tanto, que pesquisas sejam realizadas com o propósito de demonstrar a quantidade de carbono fixado na biomassa. São poucos os estudos de biomassa para todos os compartimentos dos ecossistemas florestais nativos, devido a grande heterogeneidade de vegetação, como áreas de regeneração em diferentes idades, florestas degradadas ou em diferentes estágios sucessionais (WATZLAWICK, 2003). Além disso, existem incertezas quanto a quantidade de carbono estocada na biomassa florestal, já que o normalmente o carbono é calculado de forma indireta, por meio da utilização de fatores de conversão (SCHROEDER, 1992).

Considerando que espécies de rápido crescimento, podem ser eficientes do ponto de vista de seqüestro de carbono por apresentarem alta produtividade. A *Tapirira guianensis* Aubl. pode ser utilizada para fixação de CO₂, pois é uma espécie pioneira comumente encontrada em todo território brasileiro, muito utilizada em reflorestamento visando a recuperação de áreas desmatadas, devido seu rápido crescimento (LORENZI, 1992)

Os objetivos de realização deste trabalho foram determinar a produção e a distribuição e de biomassa da *Tapirira guianensis* Aubl., em várias idades, e determinar o conteúdo de carbono, nos diferentes componentes da biomassa aérea total (fuste, casca, galhos, folhas), em um fragmento manejado de Mata Atlântica. Essas determinações visaram também a obtenção de modelos matemáticos para estimativa da biomassa e do acúmulo de carbono fixado por esta espécie.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características Gerais da Floresta Atlântica

A floresta tropical atlântica foi um dos ecossistemas brasileiros que mais sofreu com os impactos ambientais dos ciclos econômicos. No século XVI, ocorreu a primeira devastação predatória, com a extração do pau-brasil. A segunda teve lugar com o ciclo da cana-de-açúcar, em que a mata era derrubada para dar lugar aos imensos canaviais nordestinos, visando à produção de açúcar. Já no século XVII, em Minas Gerais, a devastação se justificava pela descoberta de jazidas de ouro, promovendo uma elevada imigração para o interior, com desmatamentos que se estenderam até os limites do cerrado (BRASIL, 1995).

No início da colonização, a Mata Atlântica ocupava cerca de 12 % do território brasileiro, ou seja, aproximadamente 1.000.000 km², estando atualmente reduzida a cerca de 5 %, sendo considerada um dos ecossistemas mais ameaçados do mundo. Atualmente, encontra-se distribuída, em fragmentos de diferentes tamanhos, formas, grau de isolamento, tipos de vizinhança e histórico de perturbações, estando comprometida em sua composição, estrutura e dinâmica, sendo a perda de biodiversidade o principal impacto ambiental do processo de fragmentação florestal (CLEVELÁRIO JÚNIOR, 1997).

Segundo os dados dos últimos levantamentos realizados, o Estado de Pernambuco não possui mais que 4,6 % da sua cobertura da Mata Atlântica original, distribuída em fragmentos de tamanho médio de 128 hectares (SNE,1994). Apesar do reconhecimento pelas autoridades, cientistas e pelo senso comum de que a floresta atlântica caminha a passos rápidos para sua extinção, e da existência de uma legislação específica, impedindo a exploração dos remanescentes florestais para quaisquer atividades, os esforços ainda são muito tímidos e os recursos humanos e financeiros pouco expressivos para solucionar o problema. Na região Nordeste do Brasil, o uso irracional de espécies arbóreas, para a produção de lenha, carvão, madeira e outros fins, tem crescido constantemente, por não existir política florestal definida, que estabeleça programas de fiscalização para conservação ou planejamento de manejo ordenado da produção desses produtos florestais (MOURA, 1999).

2.2 Características Gerais da *Tapirira guianensis* Aubl.

A *Tapirira guianensis* Aubl. é conhecida por vários nomes populares tais como: tapiriri, tapirirá, copiúva, guapiruba, cedrói, aroeirana, fruta-de-pombo, tatapirica (PA), cupiúva (PE), pau-pombo, cedrói (Amazônia), peito de pombo (Sul), camboatá, jobo, bom-nome (AL), fruto do pombo e cedro-novo. Essa é uma espécie arbórea, perenifólia, pioneira, heliófita, característica da floresta ombrófila de planície e também muito encontrada em formações secundárias de solos úmidos, como os encontrados em várzeas e beiras de rios. Possui cerca de 8 –14 m de altura, com tronco curto de 40-60 cm de diâmetro. Sua madeira leve (densidade 0,51 g/cm³), macia ao corte, rija, superfície uniforme, textura fina a média, por ser fácil de trabalhar, é muito empregada na confecção de brinquedos, embalagens, cabo de vassoura, entre outras utilidades. Além disso, é uma espécie que ocorre em todo território brasileiro, em quase todas as formações vegetais, apresenta desenvolvimento rápido de mudas e plantas no campo e, boa capacidade de regeneração. É empregada com sucesso nos reflorestamento heterogêneos de áreas degradadas de preservação permanente, principalmente de locais úmidos, graças à tolerância a esse ambiente, produzindo frutos altamente procurados pela fauna em geral (LORENZI, 1992).

Segundo Tabarelli e Silva (2002), a *Tapirira guianensis* Aubl, é apontada como uma das espécies lenhosas de interesse econômico na Mata Atlântica de Pernambuco. Entretanto, trabalhos relacionados com silvicultura dessa espécie ainda são desconhecidos.

2.3 Estimativa de Biomassa em Ecossistemas Florestais

A medição da produção de massa vegetal é ferramenta fundamental na avaliação da exploração racional dos ecossistemas, em virtude da aplicação na análise de produtividade, conversão de energia e ciclagem de nutrientes (CAMPOS, 1996) podendo ser usada como indicador dos impactos ambientais potenciais das árvores e da exploração florestal sobre os nutrientes do sítio (DRUMOND et al., 1996), especialmente, quando se tem conhecimento da distribuição de biomassa nos diferentes componentes da parte aérea das árvores em seqüência de idades (REIS et al., 1985).

A estimativa de biomassa é de extrema importância nos estudos relacionados à ciclagem e estoques de nutrientes, principalmente, em florestas tropicais. No entanto, existem poucos estudos ecológicos que estimaram esse parâmetro, provavelmente, devido às dificuldades encontradas em sua medida. Ultimamente, em função da crescente preocupação com as emissões de dióxido de carbono, causadas por mudanças de uso da terra, a importância de sua estimativa cresceu enormemente, principalmente no Brasil, que é o primeiro responsável por este tipo de emissão (MARTINELLI et al., 1994).

Assim as pesquisas de estimativas de biomassa fornecem informações indispensáveis em questões ligadas, entre outras, às áreas de climatologia e de manejo florestal. No caso do clima, a biomassa é utilizada para estimar os estoques de carbono, que por sua vez são usados para estimar a quantidade de CO₂ que é armazenado com o crescimento do vegetal ou que é liberado para atmosfera durante um processo de queimadas. No caso do manejo, a biomassa está relacionada com conteúdos de macro e micronutrientes da vegetação retirados do solo, que dependem da biomassa multiplicada pelas concentrações de cada nutriente (HIGUCHI et al., 1998).

A biomassa é definida como a quantidade, expressa em massa, do material vegetal de uma floresta, e seus principais compartimentos são: biomassa vertical acima do solo, composta por árvores e arbustos; biomassa morta acima do solo, composta pela serrapilheira e troncos caídos; e a biomassa abaixo do solo, viva e morta, composta pelas raízes. A biomassa total de cada árvore é dada pelo

somatório de todos seus componentes (ARAÚJO et al., 1996). No entanto, a maioria dos estudos se refere apenas a fração majoritária da biomassa (parte aérea viva), desprezando a biomassa subterrânea. Além disso, esses trabalhos são desenvolvidos em povoamentos de mesma idade, desconsiderando a dinâmica do crescimento da floresta ao longo do tempo, com exceção de alguns estudos, dos quais se pode citar aqueles realizados por Reis et al. (1985), Salomão et al. (1996) e Ladeira et al. (2001).

O aumento de biomassa dos vegetais depende de vários fatores, como o potencial genético de cada planta para fixar carbono e absorver água e nutrientes e das condições edafoclimáticas, entre outros fatores como pragas, doenças e tipo de manejo. A proporção de biomassa da madeira depende do tipo de solo, da densidade populacional e da idade. Reis et al. (1985), relataram que em sítios de melhor qualidade a madeira constituiu maior quantidade na alocação da biomassa total, do que em sítios de pior qualidade.

Alguns trabalhos mostram que a densidade populacional é um dos fatores principais que afetam o acúmulo de biomassa. Vital e Della Lucia (1987), avaliando a produção de biomassa em duas espécies de eucaliptos no cerrado, concluíram que o principal fator que influenciou a produção foi o número de árvores por hectare. Vale et al. (1982) e Leite et al. (1997) observaram que a adoção de espaçamentos muito reduzidos acarreta a produção de toras de pequenos diâmetros e muitas vezes dominadas, comprometendo o volume final produzido. O aumento da densidade populacional proporcionou incrementos na produção de biomassa por área e redução na produção de matéria seca total por planta, conforme observado por Leite et al. (1997) e Ladeira et al. (2001), ambos estudando espécies de eucaliptos. Principalmente para espécies de rápido crescimento, o espaçamento inadequado pode acentuar os efeitos de deficiência sobre as plantas, diminuindo a produtividade da floresta, em razão da intensa competição intra-específica e por água, nutrientes, luz e espaço (LELES et al. 1998). Desse modo, é de primordial importância estudos para a definição de espaçamentos adequados para as diversas espécies nativas com potenciais para reflorestamento (RONDON, 2002).

Em florestas naturais, a história do uso do solo é um fator muito importante para o acúmulo de biomassa, pois, de acordo com Salomão et al. (1996), a

intensidade do uso do fogo na limpeza do terreno, práticas agrícolas (temporário ou permanente) e tempo de cultivo (longo ou curto), a última cultura, técnica de limpeza (manual ou mecânica), proximidade e extensão de florestas primárias remanescentes e práticas de manejos são fatores que afetam a sucessão em conseqüência o crescimento da vegetação secundária. Drumond et al. (1997) estimaram a biomassa de dois fragmentos de Mata Atlântica, um que sofreu danos causados pelo fogo e a outro que foi explorado (corte raso) e obteve estimativas de biomassa bem distintas para as duas áreas. Além disso, em estimativas de biomassa em florestas tropicais, se deve considerar o modelo espacial da clareira, que determina as formas e tamanhos dos fragmentos, pois, nas bordas dos fragmentos, ocorre uma substancial perda de biomassa, causada pela alta mortalidade das árvores marginais, resultado da mudança de microclima e do aumento de ventos turbulentos na margem da floresta (LAURANCE et al.,1997)

Outro fator relevante nas estimativas de biomassa é a densidade da madeira. As informações de biomassa sobre florestas nativas são esparsas e muitas vezes são estimadas pelo uso de equações de volume e densidade média da madeira. Entretanto, existe variabilidade muito grande na composição florística em razão de mudanças nas condições ambientais, o que pode gerar erros muito grandes na estimativa de biomassa e, conseqüentemente, do carbono que essa floresta pode seqüestrar (REIS et al., 1994, HIGUCHI e CARVALHO JR, 1994). A densidade da madeira permite estimar o peso por metro cúbico sólido da madeira, e estimar a produtividade em termos de matéria seca por unidade de área, (SILVA, 1984). No entanto, apresenta muitas variações, primeiro entre as espécies, devido a diferenças de espessura e dimensões da parede celular, a inter-relação entre esses dois fatores e a quantidade de componentes extratáveis presentes por unidade de volume, a segunda, são variações ocorridas em madeiras de mesma espécie, geralmente ocasionadas pela idade da árvore e genótipo, e por tratos silviculturais, localização geográfica, índice de sítio e clima, entre outros fatores (VITAL, 1984). Essas variações também ocorrem tanto no sentido longitudinal (base-topo) como no radial (medula-casca) do fuste (HIGUCHI e CARVALHO JR, 1994). Sendo assim, utilizar um valor médio da densidade, não ponderado, poderá constituir uma fonte de erro na estimativa do peso (CAMPOS e VITAL,1985).

2.4 Carbono na Biomassa Florestal

A vida na terra depende da energia derivada do sol e a fotossíntese é o único processo de importância biológica que pode colher esta energia. A captura de energia solar fixada na biomassa via fotossíntese, quando o CO₂ é convertido em componentes orgânicos, carboidratos e oxigênio, é o passo inicial para o crescimento da biomassa virgem. Além disso, grandes frações dos recursos energéticos do planeta são resultado de atividades fotossintéticas recentes (biomassa) ou antigas (combustível fóssil).

As florestas tropicais úmidas se caracterizam por alta taxa de produtividade primária, ou seja, significativa capacidade de acumular carbono na totalidade da massa vegetal. Contudo são insuficientes os dados sobre conteúdo de carbono da vegetação de florestas tropicais (primárias e secundárias). A principal incerteza quanto ao fluxo de CO₂ decorrente de desmatamentos está na estimativa da biomassa total (aérea e subterrânea) das florestas. Outro ponto importante em discussão é a taxa de acumulação de carbono pela vegetação secundária através da fotossíntese (SALOMÃO et al., 1996).

Na Amazônia, são realizadas pesquisas visando estimar o acúmulo de carbono pela floresta primária e secundária, como também quantificar a liberação deste gás para atmosfera, devido às queimadas que são constantes na região, embora hajam incertezas devido a complexidade da floresta. Segundo Graça, (1997), a contribuição anual de carbono emitido para atmosfera foi de 92,0 Tera grama Tg CO₂/ano, para o período de 1992 a 1994, e este fluxo anual correspondeu a apenas 6 % das emissões causadas pelas mudanças de uso da terra nos trópicos. De acordo com a evidência observacional, a floresta amazônica tem potencial significativo como sorvedouro para o excesso de dióxido de carbono atmosférico. Assim, evitar o desflorestamento deve ser considerado como uma contribuição importante para reduzir as emissões globais (NOBRE, 2002).

Por outro lado, as florestas manejadas possuem espécies que devido suas elevadas taxas de crescimento, apresentam uma grande capacidade de remover CO₂ da atmosfera. Entretanto, também existe escassez de pesquisas sobre este assunto e isso se deve, em grande parte, ao imenso trabalho que demandam

estudos de biomassa florestal e quantificação de carbono e, em parte, do fato deste tema ainda ser recente (WEBER et al., 2003).

Atualmente, existe uma forte demanda por informações que provem as relações alométricas dos teores de carbono nas diferentes partes das árvores (WEBER et al., 2003). No entanto, falta profundidade para falar sobre o tema fixação de carbono, porque há uma generalização entre os técnicos de que o teor de carbono fixado na biomassa vegetal é de 50 %, contudo a quantificação de carbono depende da espécie, da idade, da parte da planta e solo analisado (SANQUETA, 2002). Recentes trabalhos demonstram ocorrer variação no teor de carbono conforme o componente da biomassa florestal analisado (RITSON e SOCHAKI, 2003; WEBER et al., 2003; KRAENZEL et al., 2003; CHAGAS et al., 2004).

2.4 Seleção de Modelos para Estimar a Biomassa e Carbono Arbóreo

A massa total de biomassa acima do solo pode ser estimada por método direto e indireto, que apresentam vantagens e desvantagens (MARTINELLI et al., 1994). O primeiro, que consiste no corte e pesagem do material presente acima do solo em uma área pré-definida, é considerado um método confiável, embora, muitas vezes, seja usado tendenciosamente, ou seja, em áreas homogêneas com indivíduos grandes. O segundo, consiste na aplicação de modelos matemáticos que usam fórmulas cujos parâmetros são as variáveis de árvores como DAP (diâmetro a 1,30 m do solo) e altura do tronco entre outros, obtidos com a realização de um inventário florestal.

Araújo et al. (1996), utilizando o método direto para estimar biomassa na região Amazônica, amostraram uma área de 0,2 ha, e por meio de extrapolação obtiveram estimativa de 848 Mg ha⁻¹, para indivíduos com DAP maior ou igual a 10 cm. Entretanto, após selecionar modelo alométrico ($Y = \alpha \cdot D^{\beta} \cdot H^{\gamma} \cdot \xi$), e ao aplicá-lo ao inventário florestal de uma área vizinha à que o trabalho foi realizado, estimaram a biomassa de 275 Mg ha⁻¹. A biomassa de 848 Mg ha⁻¹ para regiões da floresta amazônica não é comum, pois a média estimada de biomassa total é em torno de 300 Mg ha⁻¹ (FEARNSIDE, 1994), ou seja, trata-se de um resultado cujo o

valor foi superestimado, desta forma, fazer extrapolação de dados a partir do método direto não é recomendado. O método direto é apropriado para determinar qual o método indireto mais adequado para estimar a biomassa de uma vegetação.

Determinar biomassa de cada árvore, pelo método direto é praticamente impossível ao executar um trabalho de inventário florestal. Por esta razão, para superar esse problema devem ser empregados os recursos da análise de regressão para o desenvolvimento de modelos matemáticos, capazes de estimar a biomassa de árvores em pé (HIGUCHI et al., 1998). Geralmente, o procedimento adotado é cortar algumas árvores da área em estudo e medir, diâmetro a altura do peito, altura total, determinar a densidade da madeira e o peso dos componentes da biomassa. Posteriormente, esses parâmetros são relacionados ao peso da árvore, utilizando um modelo matemático linear ou não linear que produza melhor correlação (BROWN et al., 1989). Os modelos nos estudos de biomassa são, na grande maioria, modelos aplicados na estimativa de volume de árvores individuais. Nesses modelos simples ou múltiplos, os requisitos de normalidade de erros, de independência nas observações e de variação constante são usualmente assumidos (SCHNEIDER, 1998).

Martinelli et al. (1994) demonstraram alta relação entre a biomassa em kg de cada árvore (Y_i) e o diâmetro a altura do peito (DAP). Concluíram que diversos modelos podem ser utilizados para estimar a biomassa relacionando-a com o DAP, entre os quais: Linear ($Y_i = \alpha + \beta \text{DAP} + \xi_j$), multiplicativo ($Y_i = \alpha \text{DAP}^\beta \xi_j$) e exponencial ($Y_i = e^{(\alpha + \beta \text{DAP})} \xi_j$).

Salomão et al. (1996) citaram apenas dois modelos matemáticos utilizados na Amazônia: um proposto por Brown et al. (1989) e outro proposto por Uhl et al. (1988). O primeiro requer o conhecimento da densidade da madeira de cada indivíduo, o que é praticamente impossível (HIGUCHI et al., 1998). O segundo é recomendado para inventário em florestas secundárias:

$$1^\circ) Y = \alpha (D^2 * H * S)^\beta \xi_j$$

$$2^\circ) \text{Ln}Y = \alpha + \beta \cdot \text{Ln}D + \gamma \cdot \text{Ln}H + \xi_j$$

Santos (1996) testou 34 diferentes modelos em diferentes combinações e propôs sete que fornecem a massa individual de árvore para vegetações típicas da região amazônica, os quais encontram-se listados abaixo:

$$Y = \alpha \cdot D^{\beta} \cdot \xi$$

$$Y = \alpha + \beta \cdot D + \gamma \cdot D^2 + \xi$$

$$Y = \alpha + \beta \cdot D + \gamma \cdot D^2 \cdot H + \xi$$

$$Y = \alpha + \beta \cdot D + \gamma \cdot D^2 + \psi \cdot D^2 \cdot H + \xi$$

$$Y = \alpha + \beta \cdot D^2 + \gamma \cdot D^2 \cdot H + \xi$$

$$Y = \alpha + \beta \cdot D + \gamma \cdot H + \xi$$

$$Y = \alpha \cdot D^{\beta} \cdot H^{\gamma} \cdot \xi$$

Em que:

Y = Biomassa seca (kg)

D = Diâmetro a altura do peito da árvore (cm)

H = Altura total da árvore (m)

S = Densidade da madeira (g/cm³)

Ln = Logaritmo neperiano

$\alpha, \beta, \gamma, \psi$ = constantes (parâmetros a serem estimados)

Higuchi e Carvalho JR (1994) e Araújo et al. (1996) analisaram os modelos testados por Santos (1996), usando valores de biomassa obtidos pelo método direto, corte e pesagem de árvores com DAP maior ou igual a 10 cm, de uma área de floresta. Concluíram que o modelo que representou melhor a biomassa vertical da região da floresta amazônica em pé foi $Y = \alpha \cdot DAP^{\beta} \cdot H^{\gamma} \cdot \xi$. Esta expressão pode ser caracterizada como uma variação do modelo volumétrico de Shumacher e Hall (1933), no qual, em vez de estimar o volume do tronco das árvores individualmente, estima-se a quantidade de biomassa e carbono nos diferentes compartimentos da parte aérea da planta.

De acordo com Martinelli (1994), Vann et al. (1998) e Soares e Oliveira (2002), existe relação exponencial positiva entre a quantidade de biomassa e de carbono presente nas diferentes partes da árvore (Y) com o tamanho das árvores (DAP), o que pode ser expressa pelo modelo alométrico: $Y = \alpha \cdot DAP^{\beta} \cdot \xi$ primeiro

modelo selecionado por Santos, (1996). No entanto, como árvores de mesmo diâmetro (DAP) podem possuir diferentes quantidades de biomassa e carbono, por apresentarem diferentes alturas e formas diferenciadas do fuste, por estarem em sítios e estratos diferentes da floresta, deve-se incluir a variável independente H_T (altura total) ao modelo. Desta forma, a expressão fica redefinida: $Y = \alpha * D^\beta * H^{\gamma} * \xi_i$ último modelo selecionado por Santos, (1996).

Em alguns trabalhos de estimativa de biomassa, o modelo não linear: $Y = \alpha * D^\beta * H^{\gamma} * \xi_i$ é transformado em logarítmico $\ln Y = \alpha + \ln D + \ln H + \ln \xi_i$, por que a linearização pode corrigir eventuais problemas de heterocedasticidade de variância e de normalidade dos erros a expressão (SOARES e OLIVEIRA, 2002) e (RITSOM e SOCHACKI, 2003), além disso, existe a facilidade de poder ser ajustado pelo método dos mínimos quadrados (HIGUCHI e CARVALHO JR, 1994).

De acordo com Ladeira et al. (2001), os modelos logarítmicos são considerados os mais adequados para estimar biomassa de componentes arbóreos. Estes modelos foram utilizados em trabalhos recentes como os de Pereira et al. (2000), Caldeira et al. (2000) e Calil et al. (2004) analisando a produção de biomassa da *Acácia mearnsii*. Em *Eucalyptus grandis*, foram usados por Soares e Oliveira (2002), na estimativa de carbono e por Freitas et al. (2004), para estimar biomassa. Ladeira et al. (2001) os usou na estimativa de biomassa em diferentes gêneros de eucaliptos. Ritsom e Sochacki (2003), também utilizaram os modelos logarítmicos visando estimar a biomassa de *Pinus pinaster* na Austrália.

Outros grupos de funções matemáticas incluem três ou mais variáveis independentes. A inclusão dessas variáveis busca reduzir a variação não explicada pelo modelo e é justificada no ajuste de dados que apresentam grande variação. Bernardo et al. (1998) incluíram a variável independente área útil por planta (A), para estimar a biomassa de raízes finas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla* e raiz pivotante de *E. pellita*, observando que essa contribuiu significativamente para o melhor ajuste de algumas equações.

Em casos de florestas nativas, como as da Amazônia, ocorre uma grande variação entre os indivíduos na forma do tronco e da copa das árvores, sendo assim a estimação de biomassa é uma tarefa complicada. Essa grande variação faz com

que muitas equações para estimar a biomassa de árvores individuais não tenham boa precisão (SANTOS, 1996).

Reis et al. (1998) ajustaram modelos lineares, logarítmicos e não lineares desenvolvidos a partir do modelo de razão volumétrica de Amateis e Burkhart (1987), que têm como variáveis independentes H_F/H_T (altura do fuste e altura total) e H_F/DAP (altura do fuste e diâmetro a 1,30 m do solo) e selecionaram como melhor modelo o de razão não linear, para estimar biomassa do tronco e da copa, na floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira.

De um modo geral, os modelos utilizados para estimar biomassa são conhecidos na literatura florestal na estimação de volume. Esses modelos que se baseiam nas variáveis diâmetro e altura mostram ser eficientes, pois as dimensões das árvores (DAP e H) possuem alta relação com a quantidade biomassa e carbono no fuste, e pode-se estender essa relação para galhos e folhas, pois, quanto maior a massa de galhos e folhas, maior deve ser a dimensão do tronco para sua sustentação (SOARES e OLIVEIRA 2002). Entretanto, determinar ou estimar alturas de árvores no campo pode-se constituir em um problema. Diante deste fato, Silva et al. (1992), propuseram um método para a construção de tabelas volumétricas, que utiliza como variáveis independentes o volume de diferentes seções do fuste. O volume de seções de diferentes partes do fuste são dimensões que também apresentam alta relação com a biomassa e, conseqüentemente, com o carbono de uma árvore. Desse modo, esses modelos podem ser eficientes para estimativa de biomassa e carbono.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido em um fragmento de Mata Atlântica, parte do conjunto dos resquícios florestais que ocorrem no Estado de Pernambuco, enquadrando-se como Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, como descrito por Veloso (1991). Esse fragmento se encontra em propriedade particular de Ricardo Essinger (Fazenda Megaó), que possui 1.056 hectares, dos quais cerca de 600 hectares são de mata, localizada no Município de Goiana, extremo norte de Pernambuco, situada entre 07° 35'48,3" de latitude Sul e 34° 53'21" de longitude WGR.

O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo As', ou seja, clima tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa adiantada para o outono, antes do inverno (JACOMINE et al.1973).

O fragmento de mata estudado é um dos seis remanescentes na mesma propriedade, que são separados por canaviais e coqueirais, sendo que é submetido a um manejo florestal com um ciclo de corte de oito anos, de onde se extrai de oito a doze mil metros cúbicos de madeira, utilizada como combustível na produção de cal. Maior parte dessa madeira é da espécie *Tapirira guianensis*, predominante no fragmento, devido sua grande capacidade de rebrotar. O corte da lenha, realizado ao longo de faixas com 100 m de largura e comprimentos que variam de 200 a 800 m, e é autorizado pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis).

O manejo florestal nessa área é realizado há 60 anos, e nem todas as árvores da mata são cortadas, já que a seleção é feita em função do poder calorífico e da capacidade de regeneração de cada uma, além disso, são preservadas as encostas, as margens dos cursos de água como também manchas de floresta que servem como refúgio da fauna.

3.2 Estimativa da Densidade de Brotação e Estrutura Diamétrica de Brotos

Este estudo foi realizado nas faixas resultantes de exploração florestal, que correspondem as idades de um a oito anos após o corte.

Para obtenção da densidade e estrutura diamétrica de rebrotos por caule, por idade de corte, na espécie escolhida, utilizou-se uma amostragem, por meio do método do quadrante, em que uma série de pontos foram selecionados ao longo de uma linha transecta. A área de cada ponto é dividida em 4 quadrantes de 90° e a distância das árvores vizinhas mais próximas do ponto são medidas em cada um dos quatro quadrantes, conforme descrito por Krebs (1998).

Na espécie escolhida, mediu-se o diâmetro na base (DNB) a 10 cm da base do broto e determinou-se o número de brotos presentes em cada em cada caule. Calculou-se a suficiência amostral para um erro admissível de 10% para determinação do diâmetro médio, e em seguida os brotos foram agrupados em oito classes de diâmetro médio, de acordo com a idade (Figura 1).



Figura 1 Estudo da densidade, distribuição diamétrica da *Tapirira guianensis* na Fazenda Megaó, Município de Goiana - PE.

A estimativa da densidade populacional de brotos foi feita por meio do cálculo da média geométrica, conforme expressão abaixo:

Em que:

$$D = \exp[1/N(\ln D_1 + \ln D_2 + \dots + \ln D_n)]$$

D = Densidade de brotos

N = N° de indivíduos amostrados

D1...Dn = Distâncias das árvores mais próximas do ponto.

3.3. Seleção dos Brotos Amostras

Com base na estrutura diamétrica da *Tapirira guianensis* nas idades de 1 a 8 anos, foram abatidas 10 brotos representativos do diâmetro médio na base (DNB) de cada classe de idade, totalizando 80 brotos, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Distribuição dos brotos-amostra por classes de diâmetro na base e altura total

| Idade (anos) | HT(m) DNB (cm) | HT(m) | | | | | | TOTAL |
|--------------|-------------------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------|
| | | 4,0 – 6,0 | 6,0 – 8,0 | 8,0 – 10,0 | 10,0 – 12,0 | 12,0 – 14,0 | 14,0 – 16,0 | |
| 1 | 2 - 5 | 4 | 6 | | | | | 10 |
| 2 | 3 - 6 | 3 | 7 | | | | | 10 |
| 3 | 4 - 7 | | 4 | 6 | | | | 10 |
| 4 | 6 - 9 | | | 3 | 6 | 1 | | 10 |
| 5 | 6 - 9 | | | | 8 | 2 | | 10 |
| 6 | 8 - 11 | | | | 3 | 7 | | 10 |
| 7 | 8 - 11 | | | | 6 | 3 | 1 | 10 |
| 8 | 8 - 12 | | | | | 10 | | 10 |
| TOTAL | | 7 | 17 | 9 | 23 | 23 | 1 | 80 |

3.4 Medição e Cubagem dos Fustes das Brotações

Uma vez derrubados os brotos-amostra, foram tomadas as alturas totais e a altura do fuste dos brotos. Considerou-se como fuste dos brotos a porção compreendida entre a altura de corte e as primeiras ramificações na base da copa. Os fustes foram cubados rigorosamente pela aplicação da fórmula de Smalian (MACHADO e FILHO, 2003). Com o auxílio de uma fita métrica, as circunferências das seções do fuste foram medidas a 0,10; 0,40; 0,70; 1,00; 1,30; 1,60; 2,00 m; e, a partir daí, de 2,00 em 2,00 m até o final do fuste, e, para o cálculo do volume do fuste sem casca, descontou-se a espessura desta.

3.5 Determinação da Densidade da Madeira dos Fustes das Brotações

Para cada broto derrubado e submetido a cubagem rigorosa, retirou-se discos de aproximadamente 2,5 cm de espessura, a 0 %, 50 % e 100 %, da altura do fuste (H_F) das brotações. Os discos serviram como amostras para determinação da densidade básica da madeira (DBM).

As amostras de madeira foram colocadas em um recipiente tipo balde onde ficaram submersas em água destilada, até atingirem o ponto de saturação das fibras. Para isto, as amostras foram pesadas semanalmente até atingirem peso constante. Após estarem completamente saturadas removeu-se o excesso de água de suas superfícies e, determinou-se o peso saturado ao ar em balança de precisão. A seguir, todas as amostras foram colocadas em estufa com circulação de ar forçado à temperatura de aproximadamente 103 °C até atingirem peso seco constante, em seguida, obteve-se o peso absolutamente seco das amostras. O cálculo da densidade foi obtido pela fórmula de Foelkel (VITAL, 1984).

3.6 Determinação da Biomassa dos Fustes das Brotações

A biomassa do fuste foi obtida multiplicando-se sua densidade básica pelo seu volume, conforme Soares (1995), por meio da seguinte expressão:

$$BS_F = V \times DBM$$

Em que:

BS_F = biomassa seca do fuste das brotações (kg)

V = volume rigoroso do fuste das brotações (m^3)

DBM = densidade básica média do fuste das brotações (kg/m^3)

3.7 Pesagem e Amostragem dos Componentes da Parte Aérea

O broto colhido foi desfolhado e suas folhas foram inicialmente ensacadas e pesadas. Posteriormente, elas foram colocadas sobre uma lona, misturadas e, em seguida, retirou-se uma amostra de 100 g.

Depois de desfolhada, cada broto foi desganhado e os seus galhos foram pesados. Dos galhos localizados em diferentes posições da copa, foram retiradas porções aleatórias, de modo a formar a uma amostra homogênea de 100 g.

Após a medição para cubagem rigorosa de cada broto, o fuste foi descascado e as cascas foram pesadas. Para esse componente também foi retirada uma amostra de 100 g.

Nas amostras de folhas, galhos e cascas foram determinados os seus pesos de matéria seca. No laboratório, as amostras úmidas foram colocadas para secar a temperatura de $100^\circ C$, até a estabilização do seu peso após secagem. Depois de secas foram trituradas em moinho de facas, para serem analisadas.

3.8 Determinação da Biomassa Seca em Componentes da Parte Aérea

A biomassa seca das folhas, galhos e casca foi obtida pela a expressão utilizada por Soares (1995).

$$BS = Pu(c) \times Ps(a) / Pu(a)$$

Em que:

BS = biomassa total (kg)

Pu (c) = peso úmido total no campo (kg)

Ps (a) = peso seco da amostra (kg)

Pu (a) = peso úmido da amostra (kg)

3.9 Análise do Carbono

Após as amostras dos componentes da parte aérea dos brotos terem sido previamente secas e trituradas, determinou-se os teores de carbono total. O método utilizado se baseia na oxidação da matéria orgânica em presença de ácido sulfúrico e dicromato de potássio, e posterior dosagem por titulação, do excesso de dicromato, com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal (BEZERRA NETO e BARRETO, 2004).

3.10 Análise Estatística

A análise estatística dos resultados de produção de biomassa e fixação de carbono, foram feitas pelo ajuste de modelos processados por meio do programa Systat 10.

No ajuste dos modelos para estimar a produção de biomassa e carbono da parte aérea, foram utilizadas como variáveis independentes o volume das seções, obtidos durante a cubagem, (0,10; 0,40; 0,70; 1,00; 1,30; 1,60; 2,00 m) da altura do fuste, altura total (H_T), altura do fuste (H_F), e como variáveis dependentes, biomassa e carbono total, do tronco, da casca, dos galhos e das folhas. As variáveis independentes foram utilizadas no procedimento STEPWISE de seleção de modelos (DRAPER e SMITH, 1981) para selecionar as melhores equações para estimar a biomassa e carbono dos componentes aéreo das brotações, dentro de cada grupo de modelos lineares, não-lineares e logarítmicos.

Os modelos matemáticos estudados para estimar biomassa e carbono total e nos diferentes compartimentos dos brotos, basearam-se no modelo proposto por SILVA et al. (1992), para estimar volume de madeira, cuja variável independente é constituída pelo volume da primeira tora ou de uma seção do tronco e, nesses modelos, foram inseridas as variáveis (H_T) e (H_F), que foram testados sob as seguintes formas:

- 1) $Y_i = \beta_0 + \beta_1 VS_i + \xi_i$
- 2) $Y_i = \beta_0 + \beta_1 VS_i + \beta_2 H_T + \xi_i$
- 3) $Y_i = \beta_0 \cdot VS_i^{\beta_1} \cdot \xi_i$
- 4) $Y_i = \beta_0 \cdot VS_i^{\beta_1} \cdot H_T^{\beta_2} \cdot \xi_i$
- 5) $Y_i = \beta_0 \cdot VS_i^{\beta_1} \cdot H_F^{\beta_2} \cdot \xi_i$
- 6) $\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln VS_i + \xi_i$
- 7) $\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln VS_i + \beta_2 \ln H_T + \xi_i$
- 8) $\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln VS_i + \beta_2 \ln H_F + \xi_i$

Em que:

Y = Biomassa ou carbono (kg)

VS_i = volume da seção em m^3

H_T = altura total

H_F = altura do fuste

\ln = logaritmo neperiano

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ = parâmetros dos modelos

De posse das equações referentes aos melhores modelos linear, não-linear e logarítmico, para estimar a biomassa e o carbono total e de cada componente da parte aérea das árvores, estas foram comparadas entre si, com a finalidade de selecionar a melhor equação.

Na análise e seleção das melhores equações referentes aos melhores modelos para estimar a biomassa e carbono de cada parte aérea, foram utilizados os critérios usados por PAULA NETO (1977), os quais se baseiam nas seguintes considerações:

1. A equação deverá representar os dados dos quais ela é obtida. Essa representação é determinada pelo índice de ajuste (IA) ou proporção de correlação nos modelos não-lineares, que é semelhante ao coeficiente de determinação (R^2) nos modelos lineares.

A biomassa estimada pelas equações referentes aos modelos logarítmicos, além de retransformada para as unidades originais, são, também, corrigidas por um fator de correção, em virtude da discrepância logarítmica:

$$f = e^{\text{QMR}/2}$$

Em que:

f = fator de correção para discrepância logarítmica;

e = exponencial;

QMR = quadrado médio do resíduo.

2. Os valores dos resíduos (diferença entre os volumes observados e os estimados pela equação) devem se distribuir, uniformemente, dentro dos limites dos dados.

3. As estimativas devem ser “sensatas”, ou seja, as equações devem estimar, coerentemente, a biomassa e carbono dos componentes das árvores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Densidade das Brotações e Estrutura Diamétrica de Brotos

Os resultados obtidos mostram valores médios do número de brotos por caule, que variam de 5 a 13 nas idades de um a oito anos. Sendo assim, observou-se que a *Tapirira guianensis*, apresenta uma grande capacidade de brotação por caule. E isto foi observado até mesmo por raízes, apesar deste último não ter sido avaliado. Salomão et al. (1996) destacam que alta capacidade de brotação é uma característica de espécies heliófilas e oportunistas. Além disso, obteve-se uma grande variação do número de brotos por caule, apresentando coeficiente de variação alto (CV), entre 48,6 e 62,0 %. O número máximo encontrado foi 37 brotos para um ano de idade e o mínimo de um para as demais idades, excetuando o primeiro e terceiro anos (Tabela 2). Estes resultados são explicados pela presença de caules dos mais variados diâmetros, tamanhos e idades, encontrados no período do levantamento de campo, o que interferiu na rebrota natural.

Outro aspecto relevante foi à tendência das plantas de diminuir o número de brotos por caule com o aumento da idade. Isto pode ser atribuído ao fato de que na área estudada não é realizado nenhum tipo de desbrota, de modo que a presença de vários brotos em um caule resulta na competição entre as plantas, por água, luz e nutrientes, permitindo que algumas cresçam mais que outras que são suprimidas.

De acordo com Daniel et al.(1979), a vantagem das espécies que apresentam alta capacidade de se regenerar através de brotação nos caules, é a elevada taxa de crescimento inicial dos brotos, em virtude da presença de um sistema radicular já estabelecido e também do estímulo de crescimento por hormônios produzidos pela lesão do caule após o corte.

Além disso, o crescimento dos brotos dependem das reservas do sistema radicular. Reis e Kimmins (1986) observaram que o crescimento inicial de brotos depende das reservas de fósforo no sistema radicular em *Eucalyptus grandis*. Entretanto, a produtividade das brotações dos caules é variável. Essas variações podem ocorrer por causa da idade do corte, mortalidade dos caules, número de

brotos por caule e diâmetro dos caules, e fatores que são relacionados com as reservas radiculares e também com a relação raiz/parte aérea (PEREIRA et al., 1980 e PAIVA et al., 1983). Nesse sentido, estudar o sistema radicular para o estabelecimento de técnica de manejo de espécies que regeneram por brotação é de extrema importância.

Tabela 2. Número de brotos por caule da *Tapirira guianensis*, nas faixas de manejo florestal com um a oito anos de idade na Fazenda Megaó, Município de Goiana –PE

| Idades (anos) | Média | Desvio | CV (%) | Mínimo | Máximo |
|---------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 13 | 8,1 | 62,0 | 2 | 37 |
| 2 | 10 | 5,7 | 55,9 | 1 | 24 |
| 3 | 12 | 6,3 | 51,1 | 3 | 31 |
| 4 | 9 | 4,6 | 52,6 | 1 | 19 |
| 5 | 6 | 3,5 | 60,2 | 1 | 14 |
| 6 | 7 | 4,1 | 56,6 | 1 | 19 |
| 7 | 5 | 2,5 | 48,6 | 1 | 13 |
| 8 | 6 | 3,7 | 60,9 | 1 | 16 |

Na determinação da densidade populacional das brotações, obteve-se uma distância média entre os caules de 3,47 a 4,60 m, variando conforme a faixa de idade analisada. O número de caules por hectare variou de 472 a 830. Considerando os valores médios de brotos por caule, obteve-se um número de brotos por hectare entre 3.235 e 9.048, com tendência de diminuir com o aumento da idade, devido a redução do número de brotos por caule (Tabela 3).

Tabela 3. Densidade populacional de brotação da *Tapirira guianensis*, nas faixas de manejo com um a oito anos de idade, na Fazenda Megaó, Município de Goiana –PE

| Idade (anos) | Distância média entre os caules (m) | Nº de caules ha⁻¹ | Nº de brotos ha⁻¹ |
|-------------------------|--|---|---|
| 1 | 3,79 | 696 | 9048 |
| 2 | 3,47 | 830 | 8300 |
| 3 | 4,12 | 589 | 7068 |
| 4 | 3,83 | 682 | 6138 |
| 5 | 3,48 | 826 | 4956 |
| 6 | 4,60 | 472 | 3304 |
| 7 | 3,93 | 647 | 3235 |
| 8 | 3,61 | 767 | 4602 |

Com relação a estrutura diamétrica com base na medição do diâmetro na base (DNB) de todos os brotos presentes em cada caule, obteve-se uma distribuição que variou nas classes de 1 a 28 cm de diâmetro nas idades de um a oito anos. As classes que apresentaram maior frequência foram as de 1 a 12 cm (Tabela 4).

Os diâmetros médios obtidos foram de 3,34; 3,82; 5,36; 7,33; 7,12; 9,02; 9,88 e 9,88 cm, para as respectivas idades de um a oito anos. Os coeficientes de variação apresentaram-se em torno de 30,8 a 40,6 %. O erro amostral obtido foi entre 3,15 e 5,11 %, abaixo do erro admissível de 10%, desse modo, foram suficientes o número de unidades amostrais utilizadas para determinação dos diâmetros médios. (Tabela 5).

A variação obtida na média dos diâmetros ocorreu devido à presença de alguns indivíduos isolados com diâmetros superiores ao dos brotos encontrados nos caules. As árvores individuais atingem maiores diâmetros devido a menor competição, o que não ocorre nos diversos brotos presentes em um só caule. A presença dessas árvores ocorreu principalmente, por não terem sido colhidas durante o último ciclo de corte, por estarem com diâmetros muito baixos.

Tabela 4. Distribuição de freqüência de diâmetros (cm) de brotos da *Tapirira guianensis*, nas faixas de manejo com um a oito anos de idade, na Fazenda Megaó, Município de Goiana –PE

| Freqüência | | | | | | | | | |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| Diâmetro | 1 Ano | 2 Anos | 3 Anos | 4 Anos | 5 Anos | 6 Anos | 7 Anos | 8 Anos | Total |
| 1_2 | 83 | 28 | 21 | | | | | | 132 |
| 2_3 | 135 | 94 | 41 | 1 | 1 | | | | 272 |
| 3_4 | 152 | 112 | 76 | 21 | 11 | 3 | 1 | 2 | 378 |
| 4_5 | 100 | 90 | 92 | 36 | 37 | 10 | 5 | 12 | 382 |
| 5_6 | 38 | 61 | 68 | 54 | 42 | 32 | 19 | 22 | 336 |
| 6_7 | 10 | 23 | 79 | 45 | 39 | 32 | 24 | 28 | 280 |
| 7_8 | 5 | 1 | 75 | 60 | 48 | 38 | 30 | 31 | 288 |
| 8_9 | | 1 | 17 | 45 | 36 | 40 | 22 | 16 | 177 |
| 9_10 | | | 19 | 44 | 18 | 31 | 17 | 22 | 151 |
| 10_11 | | 2 | 4 | 29 | 15 | 36 | 29 | 23 | 138 |
| 11_12 | | | 2 | 12 | 2 | 24 | 10 | 19 | 69 |
| 12_13 | | | 1 | 4 | 5 | 16 | 14 | 17 | 57 |
| 13_14 | | | 1 | | 1 | 9 | 11 | 16 | 38 |
| 14_15 | | | | 1 | | 10 | 10 | 10 | 31 |
| 15_16 | | | | | | 3 | 4 | 8 | 15 |
| 16_17 | | | | | | 2 | 3 | 7 | 12 |
| 17-18 | | | | | 1 | 3 | 4 | 4 | 12 |
| 18_19 | | | | | | | 2 | 1 | 3 |
| 19_20 | | | | | 2 | | 3 | | 5 |
| 20_21 | | | | | | 1 | 2 | | 3 |
| 21_22 | | | | | | | 1 | | 1 |
| 22_23 | | | | | | | | 1 | 1 |
| 23_24 | | | | | | | | | 0 |
| 24_25 | | | | | | | | | 0 |
| 25_26 | | | | | | | | 2 | 2 |
| 26_27 | | | | | | | | | 0 |
| 27_28 | | | | | | | | | 0 |
| 28_29 | | | | | | | | 1 | 1 |
| Total | 523 | 412 | 496 | 352 | 258 | 290 | 211 | 242 | 2784 |

Tabela 5. Média dos diâmetros dos brotos da *Tapirira guianensis*, obtidos nas faixas de manejo florestal com um a oito anos de idade, na Fazenda Megaó, Município de Goiana –PE

| Idade (anos) | Número de casos | Média do diâmetro (cm) | Desvio | CV(%) | Mínimo | Máximo | EA(%) |
|--------------|-----------------|------------------------|--------|-------|--------|--------|-------|
| 1 | 523 | 3,34 | 1,22 | 36,70 | 1,11 | 7,32 | 3,15 |
| 2 | 412 | 3,82 | 1,37 | 35,80 | 1,27 | 10,98 | 3,46 |
| 3 | 496 | 5,36 | 2,10 | 39,20 | 1,27 | 13,68 | 3,74 |
| 4 | 352 | 7,33 | 2,25 | 30,80 | 2,86 | 14,96 | 3,21 |
| 5 | 258 | 7,12 | 2,40 | 33,70 | 2,54 | 19,09 | 3,96 |
| 6 | 290 | 9,02 | 2,92 | 32,40 | 3,50 | 20,05 | 3,73 |
| 7 | 211 | 9,88 | 3,65 | 36,90 | 3,82 | 21,00 | 4,98 |
| 8 | 242 | 9,88 | 4,01 | 40,60 | 3,18 | 28,33 | 5,11 |

CV – Coeficiente de variação, EA – Erro amostral

4.2 Teor de Umidade na Biomassa dos Brotos

Os resultados do percentual de umidade, obtidos nos 80 brotos amostras, nas idades de um a oito anos, estão sumarizados na Tabela 6. Por compartimento arbóreo fuste, casca, galho, folhas, a média de umidade foi de 43,81; 66,11; 58,46; e 66,90 %. De acordo com Golley et al. (1978), o teor de umidade na vegetação da floresta tropical úmida varia com a estação do ano. As folhas apresentam cerca de 63,75 % de umidade durante a estação seca e 75,45 % na estação úmida e o caule contém menores teores de água 51,3 % na estação seca e 66,0 % na estação úmida. A coleta das amostras dos componentes arbóreos de *Tapirira guianensis* foi realizada durante estação seca e os teores de umidade mostraram-se semelhantes aos obtidos por Golley et al. (1978), nesta estação.

O conteúdo de água total da *Tapirira guianensis* foi em média de 52,39 %. Desse modo, o peso seco representa 47,61 % do peso fresco. Resultados não similares, foram observados por Higuchi e Carvalho Jr (1994), que, avaliando a biomassa de diversas espécies florestais na Amazônia, obtiveram um percentual total de umidade em torno de 40 %.

Além disso, a espécie estudada apresentou ainda uma variação no teor de umidade no tecido lenhoso. Os galhos e as cascas, apresentaram um percentual de umidade superior aos obtidos no fuste. Isto pode ser explicado pelo fato de que as árvores amostradas eram jovens e apresentavam casca e galhos finos e em desenvolvimento, contendo, assim, grande conteúdo de água nos tecidos. Geralmente, o teor de umidade das plantas varia de uma espécie para outra e, dentro da mesma espécie, de um órgão para outro, bem como o estágio de desenvolvimento da planta, o caule de planta lenhosas apresenta cerca de 50% de umidade, já as folhas apresentam cerca de 70% (BEZERRA NETO e BARRETO 2004).

Tabela 6. Teor de umidade (%), por classe de idade, da *Tapirira guianensis*, na Fazenda Megaó, Goiana-PE

| Idade (anos) | % Umidade | | | | |
|-----------------|-----------|-------|-------|--------|-------|
| | Fuste | Casca | Galho | Folhas | Média |
| 1 | 43,64 | 63,72 | 64,30 | 64,38 | 53,58 |
| 2 | 44,01 | 67,80 | 61,66 | 65,91 | 54,37 |
| 3 | 44,92 | 65,71 | 54,08 | 63,27 | 51,70 |
| 4 | 40,01 | 66,89 | 59,51 | 69,79 | 50,27 |
| 5 | 42,02 | 66,78 | 61,83 | 65,44 | 50,81 |
| 6 | 47,52 | 65,19 | 57,00 | 74,97 | 54,87 |
| 7 | 44,82 | 66,42 | 55,72 | 66,03 | 52,62 |
| 8 | 43,54 | 66,37 | 53,57 | 65,41 | 50,89 |
| Média | 43,81 | 66,11 | 58,46 | 66,90 | 52,39 |
| Desvio | 4,36 | 2,38 | 5,035 | 4,14 | 2,95 |
| CV % | 9,90 | 3,60 | 8,60 | 6,20 | 5,60 |

4.3 Densidade Básica da Madeira dos Fustes dos Brotos

A densidade básica da madeira da *Tapirira guianensis*, obtida no sentido base-topo a 0, 50 e 100 % da altura do fuste (H_F) e nas idades de um a oito anos, encontra-se na Tabela 7. Observou-se que houve variações conforme a idade e no sentido base-topo do tronco. A densidade básica do diâmetro na base (DNB) tende a ser sempre maior que a média obtida das diferentes alturas do tronco. A densidade média básica da madeira nas idades de um a oito anos situou-se entre 0,357 a 0,415 g/cm³, demonstrando variação conforme a idade. No sentido base-topo, o maior valor obtido corresponde a 0,48 g/cm³ a 0 % da H_F , com oito anos de idade, e o menor valor de 0,33 g/cm³ a 100 % da H_F , com dois anos. De acordo com Lorenzi (1992), a densidade da madeira dessa espécie é de 0,51 g/cm³. Esse valor apresenta-se próximo ao da densidade encontrada a 0 % da altura do fuste (H_F) com oito anos de idade, diferindo nas demais alturas. Conforme Vital et al. (1984), existe variação na densidade básica média da madeira em função da idade e isto ocorre em diversas espécies produtoras de madeira, dentre as quais se encontram algumas espécies de eucaliptos.

Costa et al. (2004) avaliaram a variação na densidade da madeira no sentido longitudinal do fuste da *Tapirira guianensis* com oito anos de idade, observando diferenças significativas entre a densidade obtida a 0% e as densidades obtidas a 50 % e 100 % da H_F .

Higuchi e Carvalho Jr (1994) determinaram a densidade básica da madeira no sentido base-topo de diferentes espécies na Amazônia e também obtiveram alta variação dentro da mesma espécie e entre espécies e, cujas médias variaram de 0,480 a 1,031 g/cm³. Sendo assim, utilizar uma densidade média para estimar biomassa de várias espécies e da mesma espécie em diferentes idades pode ocasionar erros nas estimativas.

Tabela 7. Densidade básica da madeira em (g/cm^3), no sentido longitudinal da *Tapirira guianensis*., em diferentes alturas do fuste (H_F) (0, 50 e 100%), nas idades de um a oito anos

| Densidade Básica (g/cm^3) | | | | |
|--|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------|
| Idade (anos) | 0% H_F | 50% H_F | 100% H_F | DMB |
| 1 | 0,401 | 0,349 | 0,342 | 0,364 |
| 2 | 0,409 | 0,334 | 0,331 | 0,358 |
| 3 | 0,402 | 0,346 | 0,355 | 0,368 |
| 4 | 0,419 | 0,343 | 0,344 | 0,369 |
| 5 | 0,459 | 0,359 | 0,369 | 0,396 |
| 6 | 0,443 | 0,365 | 0,368 | 0,392 |
| 7 | 0,485 | 0,374 | 0,367 | 0,408 |
| 8 | 0,480 | 0,387 | 0,380 | 0,416 |
| Média | 0,437 | 0,357 | 0,357 | 0,384 |
| Desvio | 0,048 | 0,038 | 0,032 | 0,034 |
| CV(%) | 11,1 | 10,6 | 9,0 | 9,0 |

DMB – Densidade média básica, H_F – altura do fuste.

4.4 Teor de Carbono Orgânico em Componentes da Biomassa dos Brotos

O teor de carbono orgânico total encontrado na *Tapirira guianensis* foi em média de 51,95 %, 52,22 %, 51,51 %, 53,9 %, respectivamente para os componentes fuste, casca, galho e folha, com baixa variação entre as idades e os componentes estudados (Tabela 8).

Os valores obtidos com a *Tapirira guianensis* encontram-se próximos aos citados por Ritson e Sochaki (2003), os quais observaram teores médios de carbono nos diferentes componentes do *Pinus pinaster* de 50,2 % (galhos mortos); 50,1 % (frutos), 50,6 % (galhos vivos e folhas), 49,7 % (tronco) e 48,1 % (raízes), apenas as raízes apresentaram teores de carbono com diferença significativa dos demais componentes da planta. Higuchi e Carvalho Jr. (1994), em diferentes espécies

obtiveram teor de carbono entre 46 % e 53 %, e, para cada compartimento, uma média de 48 % (caule), 48 % (galhos) e 39 % (folhas). Epstein (1975) menciona que o teor de carbono na matéria seca de várias espécies vegetais oscila em torno de 45%.

Rochadelli (2001), estudou a *Mimosa scabrella* Bentham (bracatinga) com 3 a 7 anos de idade e observou teores de carbono que variaram entre 40 e 45 % da biomassa total da espécie. Weber et al. (2003), avaliando a variação dos teores de carbono orgânico em povoamentos de *Araucária angustifolia*, em diferentes idades, também obtiveram valores entre 40 e 45 %, e as avaliações dos teores de carbono indicaram a inexistência de variação no percentual de carbono, em função da idade, com exceção da porção galho vivo que apresentou pequena variação. Na comparação entre partes distintas das árvores, os autores perceberam a existência de diferenças significativas nos teores de carbono entre as porções amostradas, sendo que as porções fuste-raiz e folhagem-raiz foram as que apresentaram maiores diferenças, com vantagem para fuste e folhagem.

Chagas et al. (2004) observaram variação no teor de carbono entre os componentes da parte aérea arbórea da *Tapirira guianensis* com oito anos de idade, sendo o teor observado nas folhas (53,97 %) significativamente maior que o do galho (51,50 %), caule (51,94 %) e casca (52,21 %). Em uma plantação de *Tectona grandis* no Panamá, Kraenzel et al. (2003) constataram haver diferença significativa no teor de carbono entre os tecidos lenhosos (madeira, galhos grossos e finos, raízes grossas) e os tecidos suaves (folhas, flores e raízes finas) de 49,2 e 46,4 %, respectivamente.

Os valores do teor de carbono orgânico obtidos neste trabalho estão próximos aos observados na literatura. Entretanto é preciso determiná-lo com frequência para que generalizações não gerem pressuposições incorretas.

Tabela 8. Teores médios de carbono da *Tapirira guianensis*, para cada componente da parte aérea, nas idades de um a oito anos

| Idade (anos) | % Carbono Total | | | | |
|-----------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| | Fuste | Casca | Galho | Folha | Média |
| 1 | 54,37 | 52,99 | 52,79 | 54,00 | 53,54 |
| 2 | 52,62 | 50,58 | 50,02 | 56,28 | 52,38 |
| 3 | 50,39 | 52,00 | 50,80 | 52,14 | 51,33 |
| 4 | 50,76 | 49,81 | 51,01 | 53,16 | 51,18 |
| 5 | 52,04 | 53,12 | 51,95 | 54,55 | 52,91 |
| 6 | 52,81 | 52,56 | 52,35 | 54,91 | 53,16 |
| 7 | 50,44 | 53,10 | 51,21 | 53,21 | 51,99 |
| 8 | 52,16 | 53,58 | 51,94 | 53,53 | 52,80 |
| Média | 51,95 | 52,22 | 51,51 | 53,97 | 52,41 |
| Desvio | 1,95 | 1,77 | 1,85 | 1,81 | 1,11 |
| CV(%) | 3,80 | 3,40 | 3,60 | 3,40 | 2,10 |

4. 5 Seleção dos Modelos para Estimar Produção de Biomassa e Fixação de Carbono em Componentes das Brotações

Todos os modelos testados para ajustar as equações de biomassa e carbono total, nos diferentes compartimentos da *Tapirira guianensis* (fuste, casca, galho e folha), apresentaram F significativos, em nível inferior a 5 % de probabilidade.

Por meio do procedimento de “stepwise” foram selecionados os modelos de regressão lineares, não-lineares e logarítmicos para estimação da biomassa e de carbono total e nos componentes fuste, casca, galho e folha, utilizando como variáveis independentes o VS_1 (m^3) (volume da seção de 0,10 a 0,40 m da altura do fuste), H_F (altura do fuste), H_T (altura total).

De modo geral, os modelos logarítmicos apresentaram os maiores índices de ajuste (IA), seguido pelos modelos não-lineares e lineares. Esse acréscimo nos valores do índice de ajuste representa um aumento na precisão das equações referentes aos modelos logarítmicos.

Os resultados encontrados para a variável biomassa arbórea são semelhantes aos obtidos para o carbono arbóreo, o que era de se esperar, pelo fato destas duas variáveis apresentarem alta relação.

Analisando os gráficos dos resíduos referentes as equações 1 a 10 da Tabela 1 (ANEXO 1) geradas pelo modelo linear (1), que utiliza apenas como variável independente a VS_1 , observou-se tendência de subestimação da biomassa e do carbono (total, fuste, casca, e galhos) para as árvores mais jovens, com exceção apenas da biomassa e carbono das folhas que apresentaram tendência de superestimação de valores (Figuras 1 a 10) (ANEXO 2).

Acrescentando-se a variável H_T no modelo linear (2), obteve-se as equações 11 a 20 da Tabela 2 (ANEXO 1) e observou-se que a distribuição de resíduos (Figuras 11 a 20) (ANEXO 2) mantém o mesmo padrão observado anteriormente apenas com a variável VS_1 , sendo assim a inclusão da variável H_T não reduziu a variação observada no modelo linear (1). Os modelos lineares testados não foram bons, haja vista a amplitude dos resíduos em percentuais observados, para as árvores com menores valores de biomassa e carbono.

Analisando as Figuras 21 a 30 (ANEXO 2), referentes as equações de 21 a 30 (Tabela 3) (ANEXO 1), geradas pelo modelo não linear (3) apenas com a variável independente VS_1 , constatou-se que a distribuição dos resíduos foram mais uniformes e próximas do zero quando se estima biomassa e carbono total. No entanto, para os diferentes compartimentos da planta, a estimativa de biomassa e de carbono apresentaram tendência de superestimação de valores também para as árvores mais jovens.

Incluindo a variável H_T no modelo não linear (4), obteve-se as equações 31 a 40 (Tabela 4) (ANEXO 1) e observaram se melhores distribuições dos resíduos para

estimar a biomassa e o carbono total, do fuste e da casca, com diferenças inferiores a 50% entre os valores observados e estimados (Figuras 31 a 36) (ANEXO 2) entretanto, sem seguir um padrão de distribuição. Considerando a biomassa e carbono dos galhos e das folhas, observou-se a tendência de superestimação (Figuras 37 a 40) (ANEXO 2).

Analisando a distribuição dos resíduos referentes as equações 41 a 50 (Tabela 5) (ANEXO 1), obtidas a partir do modelo (5) não linear, que tem como variáveis independentes VS_1 e H_F , obteve-se valores mais próximas de zero quando estima-se biomassa e carbono total, casca, sendo que observou-se tendência de superestimação para o fuste (Figuras 41 a 46) (ANEXO 2). No entanto, utilizando o modelo 5 para estimar biomassa e carbono dos galhos, obteve-se o melhor índice de ajuste dos quatro primeiros modelos testados, embora, a distribuição dos resíduos mostrassem tendência de superestimação para os menores valores de biomassa e de carbono (Figuras 47 e 48) (ANEXO 2). O componente folha manteve a mesma tendência de superestimação (Figuras 49 e 50) (ANEXO 2).

Martinelli et al. (1994), comparando três modelos (linear, não linear e exponencial) para estimar biomassa da parte aérea de árvores na Amazônia, julgando apenas o coeficiente de determinação, concluíram que o modelo não linear seria o mais representativo, com a desvantagem de que, dependendo das árvores que são utilizadas na calibração, as equações de correlação podem mudar. Os autores utilizaram um grande número de árvores dos mais variados diâmetros, embora seja comum trabalhar-se com número menores de árvores e com menores diâmetros.

Nesse trabalho foram amostradas árvores da *Tapirira guianensis* com diâmetros inferiores a 13 cm e observou-se grande variação na distribuição dos resíduos, utilizando os modelos não lineares.

No presente estudo, buscando melhorar as estimativas dos modelos 3, 4 e 5, optou-se por ajusta-las em sua forma linear, obtendo-se os modelos logarítmicos.

Analisando a distribuição dos resíduos referentes as equações 51 a 60 (Tabela 6) (ANEXO 1), obtidas a partir do modelo logarítmico (6), que possui apenas a variável independente VS_1 , observou-se valores residuais ainda mais próximos de zero, com erros inferiores a 40 % para a biomassa e para o carbono total (Figuras 51 e 52), a 50 % para o fuste (Figuras 53 e 54) e a 60 % para a casca (Figuras 55 e 56). Entretanto, nos componentes galhos e folhas, as variações observadas situaram-se em 150% e 200%, respectivamente, com tendência de superestimação da biomassa e do carbono (Figuras 57 a 60) (ANEXO 2).

Com a inclusão da variável independente H_T no modelo logarítmico (7), gerou-se as equações 61 a 70 (Tabela 7) (ANEXO 1) e observou-se menor variação na distribuição dos resíduos para cerca de 30%, nas estimativas de biomassa e de carbono total (Figura 61 e 62). Com relação ao fuste, notou-se uma tendência de desvios em torno de 70%, e, com relação a casca, 50% (Figuras 63 a 64). Os componentes galhos e folhas mantiveram as mesmas amplitudes de variações observadas no modelo 6 (Figuras 65 a 70) (ANEXO 2).

Avaliando o modelo logarítmico (8), que possui como variáveis independentes VS_1 e H_F , foram obtidas as equações 71 a 80 (Tabela 8) (ANEXO 1). Observou-se que os valores residuais apresentaram-se mais bem distribuídos e mais próximos de zero para biomassa, e carbono total, fuste e da casca. Para os componentes galhos e folhas, também se obteve uma melhor distribuição dos valores residuais, mas uma certa tendência de superestimação (Figuras 71 a 80) (ANEXO 2). Desta forma, variáveis relacionadas com o tamanho da copa, como altura e diâmetro da copa, devem ser incluídas nos modelos que estimam quantidade de biomassa e de carbono nas folhas e galhos, visando reduzir a variação observada.

Soares e Oliveira (2002) avaliaram modelos que permitem estimar a quantidade de carbono presente na parte aérea das árvores de *Eucalyptus grandis* com 77 meses de idade em Viçosa – MG. Observaram que o modelo logarítmico utilizando as variáveis independentes DAP (diâmetro a altura do peito) e H_T (altura total) expressou um alto grau de ajuste, principalmente para os fustes das árvores com e sem casca. No entanto, como para galhos e folhas houve um decréscimo na

precisão, também sugeriram essas variáveis para estimar a biomassa dos componentes de copa das árvores de eucaliptos.

Essa mesma tendência de decréscimo de precisão para estimar biomassa das folhas é observada em alguns estudos utilizando modelos logarítmicos como aqueles realizados por Freitas et al. (2004), com *Eucalyptus grandis* com 9 anos de idade, em Alegrete - RS, e por Calil et al. (2004), com *Acácia mearnsii*.

Com base em todas as análises efetuadas, observou-se que os melhores modelos para estimar a biomassa e o carbono da *Tapirira guianensis* foram os logarítmicos (6, 7 e 8). Considerando que o modelo (7) utiliza a variável H_T , então faz-se necessário determinar ou estimar a altura das árvores, medições que no campo podem constituir-se em um problema. Por esta razão, as equações geradas por este modelo foram descartadas, mantendo-se apenas os modelos 6 e 8. A análise gráfica desses dois modelos apresentaram um mesmo padrão de distribuição, mas, com a inclusão da variável H_F , observou-se redução na amplitude de variação dos resíduos dos galhos. Desta forma, optou-se pelas equações oriundas do modelo logarítmico (8) $\text{Ln}Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}VS_1 + \beta_2 \text{Ln}H_F + \xi$, para estimar a biomassa e o carbono da *Tapirira guianensis*, cujos resultados estão apresentados na (Tabela 9).

Os modelos logarítmicos são considerados os mais adequados para estimar biomassa de componentes arbóreos (LADEIRA et al. 2001), devido a facilidade de ajuste da equação por meio do método dos mínimos quadrados, além da linearização poder corrigir eventuais problemas de heterocedasticidade de variância e de normalidade dos erros (SOARES e OLIVEIRA, 2002; RITSOM e SOCHACKI, 2003). A adequação dos modelos logarítmicos se explica pelo fato de que o peso se relaciona com o diâmetro ou altura numa potência de 2 ou 3 (SATOO e MADGWICK, 1982).

Analisando as Tabelas 10 e 11, observou-se que os valores estimados pelo modelo (8) para os componentes da parte arbórea da *Tapirira guianensis* são “sensatos”, ou seja, as equações estimaram, coerentemente, a biomassa e carbono.

Tabela 9. Equações referentes ao modelo 8 (logarítmico), com o volume da primeira seção e altura do fuste, que estimam biomassa e carbono total, e dos componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA)

| Nº Equação | | Biomassa / Carbono | | IA |
|---------------|----------|--|--|-------|
| Total | | | | |
| 71 | Biomassa | $\text{LnY} = 12,121 + 1,448 * \text{LnVS}_1 - 0,010 * \text{LnH}_F$ | | 0,989 |
| 72 | Carbono | $\text{LnY} = 11,336 + 1,431 * \text{LnVS}_1 - 0,002 * \text{LnH}_F$ | | 0,987 |
| Fuste | | | | |
| 73 | Biomassa | $\text{LnY} = 8,946 + 1,218 * \text{LnVS}_1 + 0,636 * \text{LnH}_F$ | | 0,992 |
| 74 | Carbono | $\text{LnY} = 8,132 + 1,198 * \text{LnVS}_1 + 0,646 * \text{LnH}_F$ | | 0,990 |
| Casca | | | | |
| 75 | Biomassa | $\text{LnY} = 7,184 + 1,246 * \text{LnVS}_1 + 0,362 * \text{LnH}_F$ | | 0,975 |
| 76 | Carbono | $\text{LnY} = 6,687 + 1,263 * \text{LnVS}_1 + 0,342 * \text{LnH}_F$ | | 0,974 |
| Galhos | | | | |
| 77 | Biomassa | $\text{LnY} = 21,392 + 2,640 * \text{LnVS}_1 - 1,691 * \text{LnH}_F$ | | 0,955 |
| 78 | Carbono | $\text{LnY} = 20,794 + 2,647 * \text{LnVS}_1 - 1,700 * \text{LnH}_F$ | | 0,955 |
| Folhas | | | | |
| 79 | Biomassa | $\text{LnY} = 8,445 + 1,080 * \text{LnVS}_1 - 0,637 * \text{LnH}_F$ | | 0,811 |
| 80 | Carbono | $\text{LnY} = 7,707 + 1,067 * \text{LnVS}_1 + 0,619 * \text{LnH}_F$ | | 0,800 |

Tabela 10. Biomassa arbórea real e estimada em (Mg ha^{-1}) da *Tapirira guianensis* nas idades de um a oito anos na Fazenda Megaó, Goiana – PE

| Biomassa (Mg ha^{-1}) | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|--------|----------|
| Idade (anos) | Fuste | | Casca | | Galho | | Folha | | Total | |
| | Real | Estimada | Real | Estimada | Real | Estimada | Real | Estimada | Real | Estimada |
| 1 | 9,48 | 9,83 | 0,86 | 0,91 | 1,19 | 1,23 | 3,56 | 3,03 | 15,09 | 15,00 |
| 2 | 13,75 | 14,84 | 1,32 | 1,37 | 2,09 | 2,46 | 4,71 | 3,92 | 21,87 | 22,58 |
| 3 | 23,29 | 23,48 | 2,09 | 2,16 | 8,57 | 6,57 | 4,97 | 5,38 | 38,93 | 37,59 |
| 4 | 46,51 | 42,70 | 3,48 | 3,67 | 13,57 | 12,07 | 5,49 | 6,33 | 69,06 | 64,76 |
| 5 | 42,51 | 41,00 | 3,34 | 3,42 | 9,43 | 9,27 | 5,00 | 5,13 | 60,27 | 58,82 |
| 6 | 41,67 | 42,33 | 4,37 | 3,61 | 17,95 | 19,50 | 4,55 | 5,38 | 68,54 | 70,83 |
| 7 | 45,01 | 48,20 | 3,79 | 4,14 | 25,84 | 27,76 | 7,59 | 6,23 | 82,23 | 86,32 |
| 8 | 77,64 | 75,63 | 6,61 | 6,44 | 40,50 | 42,50 | 11,25 | 9,00 | 136,01 | 133,57 |

Tabela 11. Carbono arbóreo real e estimado em (Mg ha^{-1}), da *Tapirira guianensis* nas idades de um a oito anos na Fazenda Megaó, Goiana – PE

| Carbono (Mg ha^{-1}) | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|
| Idade (anos) | Fuste | | Casca | | Galho | | Folha | | Total | |
| | Real | Estimado |
| 1 | 5,14 | 5,18 | 0,45 | 0,47 | 0,63 | 0,63 | 1,91 | 1,65 | 8,12 | 7,93 |
| 2 | 7,27 | 7,77 | 0,67 | 0,71 | 1,05 | 1,26 | 2,66 | 2,12 | 11,65 | 11,87 |
| 3 | 11,76 | 12,19 | 1,09 | 1,13 | 4,36 | 3,39 | 2,59 | 2,90 | 19,81 | 19,61 |
| 4 | 23,59 | 22,02 | 1,74 | 1,92 | 6,96 | 6,23 | 2,95 | 3,41 | 35,24 | 33,59 |
| 5 | 22,01 | 21,15 | 1,77 | 1,79 | 4,91 | 4,78 | 2,72 | 2,77 | 31,41 | 30,49 |
| 6 | 22,00 | 21,66 | 2,30 | 1,90 | 9,44 | 10,10 | 2,50 | 2,89 | 36,23 | 36,55 |
| 7 | 22,69 | 24,59 | 2,01 | 2,19 | 13,20 | 14,39 | 4,04 | 3,33 | 41,94 | 44,50 |
| 8 | 40,47 | 38,56 | 3,54 | 3,40 | 21,07 | 22,03 | 6,03 | 4,82 | 71,11 | 68,81 |

4.6 Acúmulo de Biomassa e de Carbono em Brotações com 1 a 8 anos de Idade

A biomassa aérea total da *Tapirira guianensis* no fragmento de Mata Atlântica submetida a manejo florestal para produção de lenha, nas idades de um a oito anos foi estimada em 15,00; 22,58; 37,59; 64,76; 58,82; 70,83; 86,32; 133,57 Mg ha⁻¹, respectivamente, gerando incremento médio de biomassa de 16,70 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. O carbono fixado na biomassa via fotossíntese foi de 7,93; 11,87; 19,61; 33,59; 30,49; 36,55; 44,50; 68,81 Mg ha⁻¹, gerando um acúmulo de 8,60 Mg ha⁻¹ano⁻¹ de carbono (Figura 2).

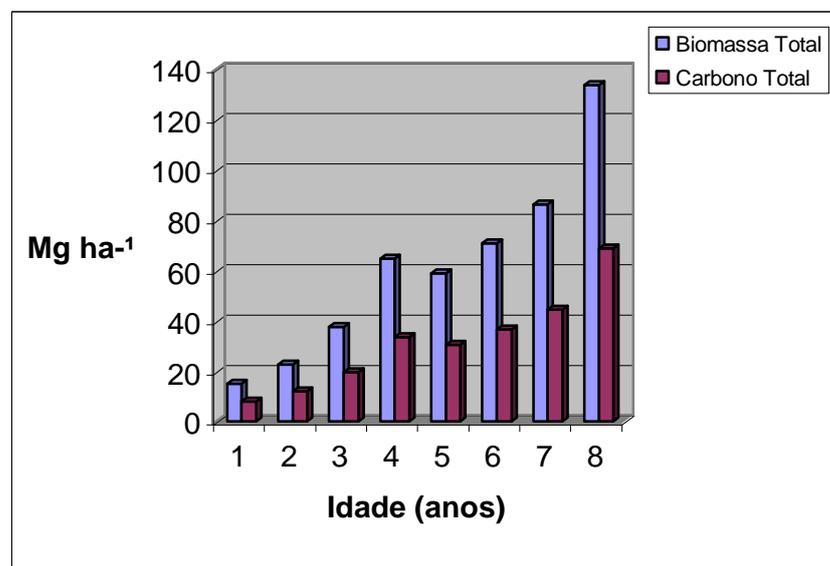


Figura 2 Acúmulo de biomassa e carbono da *Tapirira guianensis* nas idades de um a oito anos em um fragmento manejado de Mata Atlântica em Goiana –PE.

Resultados de biomassa aérea não similares aos obtidos no presente estudo foram encontrados em outras espécies de rápido crescimento. Bagio e Carpanezi (1997) encontraram em povoamentos de *Mimosa scabrella*, em Curitiba – Paraná, aos sete anos de idade 69,96 Mg ha⁻¹. Moura (1999), estimou em Itambé – Pernambuco, valores de biomassa aérea total entre 80,78 Mg ha⁻¹ e 66,22 Mg ha⁻¹, para um povoamento de *Mimosa caesalpinifolia* com onze e oito anos de idade. Essas diferenças na produção de biomassa das espécies *Mimosa scabrella* e *Mimosa caesalpinifolia* em relação a *Tapirira guianensis* são naturais, pois o aumento de biomassa dos vegetais dependem de diversos fatores como: potencial

genético para fixar carbono e absorver água e nutrientes, condições edafoclimáticas, doenças, pragas, competição com outras plantas entre outros (LADEIRA et al. 2001).

Os resultados obtidos com a *Tapirira guianensis* também são superiores aos observados em alguns trabalhos em florestas secundárias. Figueiredo et al. (2000) realizaram estimativas de biomassa nas borda de fragmentos de florestas secundárias com idades de 15 e 25 anos, em Rio Branco – Acre e observaram um montante de biomassa viva acima do solo de 79,3 Mg ha⁻¹ em floresta com 15 anos e 128,8 Mg ha⁻¹ para 25 anos, consistindo em um incremento médio de 5,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de biomassa ou de aproximadamente 2,5 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de carbono.

Avaliando o acúmulo de biomassa em capoeiras de 5, 10 e 20 anos de idades em Bragantina - Pará, Salomão et al. (1996) apresentaram estimativas de biomassa de 13, 44 e 81 Mg ha⁻¹, respectivamente, que correspondem ao acúmulo médio de 4 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de biomassa ou 2 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de carbono. Esses valores foram considerados baixos, devido ao lento crescimento e a produção de biomassa em florestas secundárias depender da história de uso do solo. Florestas nativas com 5 anos em solos mais desgastados apresentaram acúmulo de biomassa na faixa de 3,5 Mg ha⁻¹ e, em solo mais exuberante de 33,4 Mg ha⁻¹. Para a capoeira com 10 anos, a produção variou do mínimo de 22,3 Mg ha⁻¹ ao máximo de 62,8 Mg ha⁻¹, enquanto com 20 anos a biomassa variou de 48,1 Mg ha⁻¹ a 131, 5 Mg ha⁻¹. Desse modo, os autores concluíram que há fatores que afetam a sucessão e, em consequência, o crescimento da vegetação secundária, como a intensidade do uso do fogo na limpeza do terreno, tipo de práticas agrícolas (temporário ou permanente) e tempo de cultivo (longo ou curto), a última cultura, técnica de limpeza (manual ou mecânica) proximidade e extensão de florestas primárias remanescentes, práticas de manejos.

Drumond et al. (1997) analisaram a distribuição de biomassa e de nutrientes em diferentes coberturas florestais e observaram em dois fragmentos de Mata Atlântica produções de biomassa bem distintas. Um com 27 anos após sofrer danos parciais por queimada produziu 112 Mg ha⁻¹ e outro com 25 anos após sofrer corte raso acumulou 57,5 Mg ha⁻¹ de biomassa.

O incremento médio de biomassa de $16,70 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ que corresponde a $8,60 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de carbono para *Tapirira guianensis* com oito anos de idade são bem superiores aos observados nas florestas secundárias, por ser uma espécie pioneira e de rápido crescimento.

No entanto, conhecer a acumulação de biomassa e de carbono pela vegetação de florestas tropicais, seja ela primária ou secundária, é de extrema importância para o equilíbrio do carbono global, pois guardam dentro de suas árvores e o no solo uma grande quantidade de carbono, e se forem cortadas a maior parte desse carbono será liberado rapidamente para atmosfera por meio das queimadas, e mais lentamente por meio de decomposição (HOUGHTON, 1994).

Por outro lado, não só as florestas permanentes devem ser apresentadas como uma das mais importantes ações para enfrentar os riscos das mudanças climáticas, mas também as florestas manejadas, pois, podem produzir bens de modo sustentável, como é o caso da utilização da lenha, que é uma fonte renovável de energia, que substitui uma determinada quantidade de combustíveis fósseis utilizados para geração de energia (NOGUEIRA e LORA 2003).

Comparando o acúmulo de biomassa da *Tapirira guianensis* com oito anos de idade ($133,57 \text{ Mg ha}^{-1}$) com outras espécies florestais de rápido crescimento observou-se valores semelhantes. Pereira et al. (2000) estimaram a biomassa arbórea em $158,51 \text{ Mg ha}^{-1}$, para um povoamento de *Acacia mearnsii* com nove anos de idade, localizado no município de Butiá – RS. Calil et al. (2004) obtiveram produção de biomassa da *Acacia mearnsii* com seis anos de idade de $122,59 \text{ Mg ha}^{-1}$. Freitas et al. (2004), em povoamentos *Eucalyptus grandis* em Alegrete – RS, aos nove anos de idade, estimaram a biomassa arbórea em $142,31 \text{ Mg ha}^{-1}$. Santana et al. (1995) pesquisaram três procedências de *Eucalyptus grandis* e três *Eucalyptus saligna*, aos 78 meses de idade, no estado de São Paulo, e estimaram a produção média de biomassa de *Eucalyptus grandis* $145,40 \text{ Mg ha}^{-1}$ superior a de *Eucalyptus saligna*, $132,60 \text{ Mg ha}^{-1}$. Em média, essas espécies acumulam $19,32 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de biomassa considerando o valor mínimo de $15,81 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e máximo de $22,36 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, correspondendo ao incremento médio de carbono de $9,66 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, com o mínimo de $7,90 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e o máximo de $11,18 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Com os resultados da presente pesquisa, a *Tapirira guianensis* com

rotação de 8 anos obteve o incremento de $16,70 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de biomassa aérea e $8,60 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de fixação de carbono. Esses valores encontram-se bem próximos aos obtidos com as espécies de rápido crescimento citadas.

Assim, a espécie estudada apresenta uma grande capacidade para o acúmulo de carbono. No entanto, como ela é utilizada para lenha, parte do carbono acumulado é liberado imediatamente para a atmosfera pela queima da madeira. Porém, o mais importante, é que a floresta que produz lenha como combustível libera mas fixa carbono de modo sustentável. Comparada com a queima de combustível fóssil, como por exemplo carvão mineral, ocorre apenas liberação de dióxido de carbono para a atmosfera sem que haja a compensação por fixação. Assim, o uso da lenha é mais vantajoso do que o uso do carvão mineral, uma vez que, em regime de produção sustentada a floresta continua a seqüestrar carbono liberado com a queima da lenha para produzir energia, com conseqüente redução das emissões de CO_2 .

Um dos fatores que contribuiu para o acúmulo de biomassa e, conseqüentemente, acúmulo de carbono da *Tapirira guianensis* foi a densidade populacional, mesmo que em espaçamento irregular, é muito elevada devido a grande capacidade de rebrota da espécie.

Estudos realizados com eucalipto constataram a influência do espaçamento sobre a altura e produção de biomassa. Balone e Simões (1980) e Leles et al. (1998) observaram que existem situações em que as plantas aumentam a altura média com o espaçamento, e outras o contrário. De acordo com esses autores, a utilização de espaçamentos muito fechados ocasiona diminuição da altura média, em função do grande número de árvores por hectare. O aumento da densidade populacional proporcionou incrementos na produção de biomassa por área e redução na produção de matéria seca total por planta, conforme observado por Leite et al. (1997) e Ladeira (2001), estudando espécies de eucaliptos. Comparando a produção de biomassa da *Tapirira guianensis* entre as idades quatro e cinco anos, observou-se uma redução na produção em $-5,94 \text{ Mg ha}^{-1}$. Isto pode ser atribuído ao número de indivíduos por ha no ano quatro, que se apresentou bem superior ao ano cinco.

Um fator que favoreceu a alta densidade populacional da *Tapirira guianensis*, é a não utilização de práticas de desbrota durante a condução do manejo.

Analisando a alocação de biomassa arbórea da *Tapirira guianensis* observa-se que, de modo geral, a maior contribuição foi para fuste, seguida dos galhos, folhas e casca (Figura 3). Como o carbono corresponde a cerca de 50%, sua distribuição é equivalente a obtida com a biomassa (Figura 4).

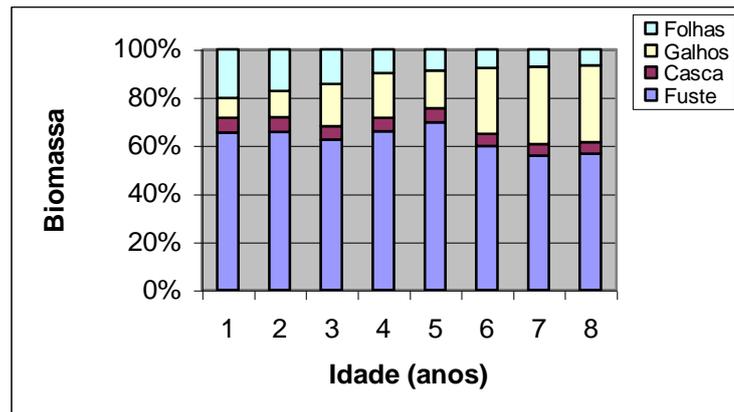


Figura 3 Distribuição relativa da biomassa da *Tapirira guianensis* nas idades de um a oito anos, em um fragmento manejado de Mata Atlântica em Goiana – PE.

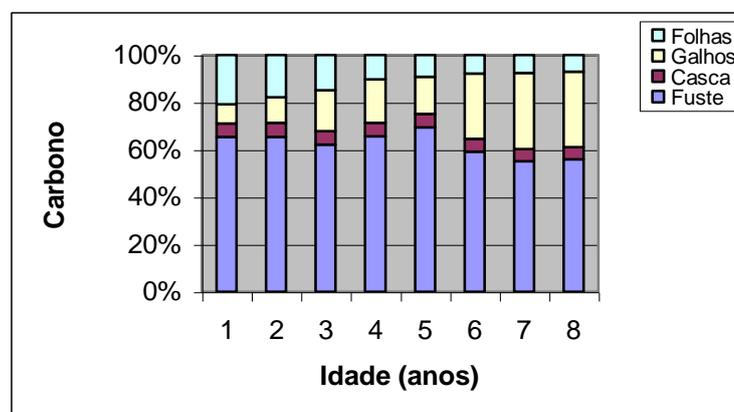


Figura 4 Distribuição relativa do carbono da *Tapirira guianensis* nas idades de um a oito anos, em um fragmento manejado de Mata Atlântica em Goiana –PE.

Segundo Pereira et al. (1997), geralmente a distribuição relativa de biomassa aérea das espécies florestais obedece a ordem decrescente: madeira > casca > galhos vivos > galhos mortos > folhas. Entretanto, Freitas et al. (2004) afirmam que essa distribuição é comum em eucalipto, por possuir uma alta porcentagem de casca, a biomassa alocada neste componente é superior a biomassa dos galhos. A

proporção de biomassa da madeira depende do tipo de solo e da densidade populacional (REIS et al. 1985). Esses autores relataram que, em sítio de melhor qualidade a madeira constituiu 60 % da biomassa total, enquanto que, em sítio de pior qualidade, constitui apenas 45 %.

Moura (1999), em um povoamento de *Mimosa caesalpinifolia* com oito anos, obteve a distribuição fuste>galho>casca>folha, mas no entanto, com 11 anos de idade observou uma inversão do componente galho, apresentou-se superior ao fuste.

A *Tapirira guianensis* apresentou variação na distribuição de biomassa conforme a idade. Nas idades um e dois, observou-se a seqüência fuste, folha, galho e casca e a proporção de biomassa alocada nas folhas foi diminuindo com a idade. Isto pode ser explicado, pois, segundo Otto (1984) referenciado por Freitas (2004), durante a fase juvenil de um povoamento florestal, uma grande parte da alocação de carboidratos, resultantes da fotossíntese, são canalizadas para a produção de biomassa da copa. Porém, com o passar do tempo, quando as copas começam a competir entre si, a produção relativa do tronco aumenta e a das folhas e dos ramos diminui. Com um ano, a proporção nas folhas era de 20,22%, mas aos oito anos apenas 6,67%.

Essa redução porcentual de biomassa das folhas favoreceu o aumento de biomassa dos galhos, que, com um ano, apresentava 8,23% e, com oito anos, correspondia a 31,82% da biomassa arbórea. No compartimento fuste, observou-se uma redução na proporção de acordo com a idade. Com um ano, a proporção de biomassa presente no fuste era de 65,51% e, aos oito anos de idade, apenas 55,62%. Sendo assim, a alocação de matéria seca do fuste reduziu e a dos galhos aumentou com a idade. Esse aumento de biomassa dos galhos pode ser explicado, tendo em vista que, não foram realizadas intervenções silviculturais relacionadas a desrama, na condução do manejo. Desta forma, as árvores apresentaram uma grande quantidade de galhos de dimensões variadas nas maiores idades.

Com relação a biomassa da casca, não se observou variação, mantendo-se em torno de 5% da biomassa aérea arbórea em todas as idades estudadas. Isto pode ser atribuído ao fato de que as árvores amostradas possuíam toras de pequenos diâmetros e, conseqüentemente, casca com espessura muito fina e com alto porcentual de umidade.

5. CONCLUSÕES

O teor de umidade da *Tapirira guianensis* é em média de 52,39%, e o peso de material seco representa 47,61 % da massa fresca.

A densidade média básica da madeira nas idades de um a oito anos situou-se entre 0,357 a 0,415 g/cm³, variaram conforme a idade. Houve variação também no sentido base-topo, sendo o maior valor de 0,48 g/cm³, a 0 % da H_F, com oito anos de idade e o menor valor foi de 0,33 g/cm³, a 100 % da H_F, com dois anos.

O teor de carbono orgânico total encontrado na *Tapirira guianensis* foi em média 51,95 %, 52,22 %, 51,51 %, 53,97 %, respectivamente para os componentes fuste, casca, galhos e folhas.

O modelo 8 logarítmico $\text{Ln}Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln} VS_1 + \beta_2 \text{Ln} H_F + \xi$ foi o melhor modelo para estimar a biomassa e o carbono arbóreo da *Tapirira guianensis*.

A biomassa aérea total da *Tapirira guianensis*, foi estimada em 15,00; 22,58; 37,59; 64,76; 58,82; 70,83; 86,32; 133,57 Mg ha⁻¹, para as idades de um a oito anos respectivamente, com incremento médio de 16,70 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

O carbono fixado na biomassa via fotossíntese foi de 7,93; 11,87; 19,61; 33,59; 30,49; 36,55; 44,50; 68,81 Mg ha⁻¹, representando um incremento de 8,60 Mg ha⁻¹ano⁻¹ de carbono.

A maior contribuição para biomassa e carbono acima do solo foi da madeira, seguida dos galhos, folhas e casca, para todas as idades, exceto para os anos um e dois, que apresentaram a distribuição madeira, folhas, galhos e casca.

A espécie *Tapirira guianensis* apresenta um grande potencial para seqüestro de carbono, superior ao de outras espécies nativas e similar ao de espécies cultivadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMATEIS, R. L.; BURKIHART, H. E. Cubic-foot volume equations for loblolly pine trees in cutover, site-prepared plantations. **Southern Journal of Applied Forestry**, Bethesda, v.11, n.4, p.190-192, 1987.
- COSTA, J. C. A. et al; Variação da densidade básica da madeira no sentido longitudinal do fuste da *Tapirira guianensis* aubl. com oito anos de idade. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO, 4., 2004, RECIFE. **Resumos...** Recife: UFRPE, 2004.
- ARAÚJO, T. M.; HIGUCHI, N.; CARVALHO JR J. A. Comparação de métodos para determinar biomassa na região amazônica. **Anais Academia Brasileira de Ciência**. Manaus v.68, p. 35-42, 1996. Suplemento 1
- BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI A. A. Biomassa aérea da bracatinga *Mimosa scabrella* Benta. em talhões do sistema de cultivo tradicional. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.34, p.31-44, 1997.
- BALONE, E. A.; SIMÕES, J. W. **O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais**. Piracicaba: IPEF, 1980. 16p.
- BERNARDO, A. L. et al. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *E. Pellita* and *E. Urophylla* plantations in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.104, p.1-13, 1998. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 22 set. 2003.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Métodos de avaliação química em plantas**. Recife: UFRPE, 2004.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Os ecossistemas brasileiros e os principais macrovetores de desenvolvimento**: subsídios ao planejamento da gestão ambiental. Brasília, 1995. 108 p.
- BROWN, S.; GILLESPIE, A.J.R.; LUGO, A. E. Biomass estimation methods for tropical forest with applications to forest inventory data. **Forest Science**, Lawrence,

v.35, n. 4 p. 881-902, 1989. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com> > Acesso em: 10 jan. 2003.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Produção de biomassa em uma procedência australiana de *Acácia mearnsii* de Wild. Plantada no Sul do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.24, n.2, p.201-206, 2000.

CALLIL, F. N. et al. Biomassa em um sistema silvipastoril com *Acácia mearnsii* De Wild. na região sul do Brasil. **Biomassa e Energia**, Viçosa-MG, v.1, n.2, p.165-171, 2004.

CAMPOS, M. A. A. **Balço de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis*. Avaliação na safra e na safrinha.** 1996. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

CAMPOS, J. C. C; VITAL, B. R. Tabela de volume e de peso. **Boletim Técnico. SIF**, Viçosa -MG, 1985. 7p.

CHACON, J. O. seqüestro de carbono e a floresta amazônica. **Revista do CREA**. Rio de Janeiro, v.5, p. 55-59, 2000.

CHAGAS, M. C. A. et al. Teor de carbono nos diferentes compartimentos da *Tapirira guianensis* Aubl. com oito anos de idade. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA Universidade Federal Rural de Pernambuco. 4., 2004, Recife. **Resumos...** Recife: UFRPE, 2004.

CLEVELARIO JÚNIOR, J. **Distribuição de carbono e de elementos minerais em um ecossistema florestal tropical úmido baixo-montano.** 1996. 135f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

DANIEL, T.W.; HELMS, H.A.; BAKER, F.S. **Principles of silviculture.** New York:[s.n.], 1979. 459p.

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

DRUMOND, A. M. **Alterações fitossociológicas e edáficas decorrentes de modificações da cobertura vegetal na mata atlântica, Região do Médio Rio Doce, MG.** 1996.117f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

DRUMOND, M. A. et al. Distribuição de biomassa e nutrientes em diferentes coberturas florestais e pastagem na região de médio Rio Doce-MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.21, n.2, p.187-199, 1997.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas.** Rio de Janeiro: Ed. da Universidade de São Paulo, 1975. 340p.

FEARNSIDE, P. M. Biomassa das florestas amazônicas brasileiras. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQÜESTRO DE CO₂, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, Companhia Vale do Rio Doce, 1994. p.94-121

FIGUEIREDO, E.O.; PEREIRA, N. W. V.; WADT, L. H. O. Avaliação da composição estrutural e biomassa viva acima do solo, em florestas sob efeito da fragmentação na Amazônia Ocidental. **Boletim de Pesquisa Embrapa**, Rio Branco-Acre, n.26, 27p., 2000.

FREITAS, R. et al. Biomassa e conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill EX Maiden Plantado em solo sujeito a arenização, no município de Alegrete – RS. **Biomassa e Energia**, Viçosa-MG, v.1, n.1, p. 93-104, 2004.

GRAÇA, P. L. A. **Conteúdo de carbono na biomassa florestal da Amazônia e alterações após a queima.** 1997. 175f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1997.

GOLLEY, F. B. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida.** São Paulo: EPU, 1978. 256p.

HIGUCHI, N.; CARVALHO JR, J. A.; Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQÜESTRO DE CO₂, 1994,

Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, Companhia Vale do Rio Doce, 1994. p. 196-221.

HIGUCHI, N. et al. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 28, n.2 p.153-166, 1998.

HOUGHTOM, R. A. Forest and global carbon cycle: current storage and emissions. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQÜESTRO DE CO₂, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, 1994. p.41.

JACOMINE, P. K. T. et al. **Levantamento exploratório**: reconhecimento de solos do estado de Pernambuco. Recife, PE: DPP / SUDENE, 1973. v. 1, 359p.

KRAENZEL, M. et al. Carbon storage of harvest-age teak (*Tectona grandis*) plantations, Panama. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.175, p.213-225, 2003. Disponível em: : < <http://www.sciencedirect.com> > Acesso em: 25 abr. 2003.

KREBS, C. J. **Ecological methodology**. University of Bristsh Columbia, 1998. p. 182 – 184.

LADEIRA, C. B. et al. Produção de biomassa de eucalipto sob três espaçamentos, em uma seqüência de idade. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.25, n.1, p 69-78, 2001.

LARCHER, W. **Physiological Plant Ecology**, 2. ed. Berlim: Springer-Verlag, 2000. 303p.

LAURANCE, W. F.; LAURANCE, S. G.; DELAMONICA, P. Tropical forest fragmentation and greenhouse gas emissions. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.110, p.173-180, 1998, Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com> > Acesso em: 23 mar. 2003.

LEDIG, F. T.; KITZMILLER, J. H. Gentic strategies for reforestation in the face of global climate change. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.50, p.153 – 169, 1992. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com> > Acesso em: 10 jan. 2003.

LELES, P. S. S. et al. Relações hídricas e crescimento da árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região do Cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 22, n.1, p.41-50, 1998.

LEITE, F. P. et al. Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.21, n.3, p. 313-321, 1997.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**; manual de identificação e cultivo de plantas do Brasil. São Paulo, Editora Plantarum, 1992. p. 11

MACHADO, S. A.; FILHO, A.F. **Dendrometria**. Curitiba: A. Figueiredo Filho,2003. 309p.

MARTINELLI, L.A. et al. Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais. In SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQÜESTRO DE CO₂, Rio de Janeiro, 1994, **Anais...** Rio de Janeiro, Companhia Vale do Rio Doçe,1994.p 199-218.

MOURA, O. N. **Distribuição de biomassa e de nutrientes e eficiência nutricional em povoamentos de Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) cultivados em podzólico vermelho amarelo**.1999. 52f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1999.

NOBRE, C. A. Amazônia e o carbono atmosférico. Estudo mais detalhados devem indicar mais claramente o papel da Amazônia no clima global. **Scientific American**, São Paulo. v. 1, n.6, p 36-39, 2002.

NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S. **Dendroenergia**: fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro: Interciência, 2003, 194p.

PAIVA, H. N.;et al. Influencia das idades de corte e de desbrota e do número de brotos sobre o desenvolvimento de bortação de cepas de *Eucalyptus* sp. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.7, n.1, p. 1-10, 1983.

PAULA NETO, F. Tabelas volumétricas com e sem casca para *Eucalyptus saligna*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.1, n.1, p. 31-54, 1977.

PEREIRA, A. R. et al. Efeito do diâmetro das cepas no desenvolvimento de brotações de *Eucalyptus* sp. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.4, n.2, p.215-220, 1980.

PEREIRA, J. C. et al. Produção de biomassa em um povoamento de *Acácia mearnsii* de Wild no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.21, n.4, p.521-526, 1997.

PEREIRA, J. C. et al. Estimativa do conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Acácia mearnsii* De Wild. No Rio Grande do Sul – Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.24, n.2, p.193-199, 2000.

REIS, M. G. F. et al. Acúmulo de biomassa em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.9 , n.2, 149 –162, 1985.

REIS, M. G. F.; KIMMINS, J. P. Importância do sistema radicular no crescimento inicial de brotos de *Eucalyptus* sp. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.10, n.2, p.196-201, 1986.

REIS, M.G.F.; REIS, G.G. “Seqüestro e armazenamento de carbono em florestas nativas e plantadas nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo”. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQÜESTRO DE CO₂, 1994, Rio de Janeiro, **Anais...** Rio de Janeiro, Companhia Vale do Rio Doce, 1994. p.157.

REIS, A.E. et al. Modelos de razão para estimar a biomassa de árvores individuais da floresta tropical úmida de terra –firme da Amazônia brasileira. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.22, n.2, p.163-177, 1998.

RITSON, P.; SOCHACKI, S. Measurement and prediction of biomass and carbon content of *Pinus pinaster* trees in farm forestry plantations, south-western Australia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.175, p. 103-117, 2003. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com> > Acesso em: 23 mar. 2003.

ROCHADELLI, R. **A estrutura de fixação dos átomos de carbono em reflorestamentos (Estudo de caso: *Mimosa scabrella* Bentham, bracatinga).**

2001. 86f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

RONDON, E. V. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na região da mata. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.5, p.573-576, 2002.

SALOMÃO, R. P.; NEPSTAD, D. C.; VIEIRA, I. C. G. Como a biomassa de florestas tropicais influi no efeito estufa. **Ciência Hoje**, São Paulo, v 21, n.122 p.38-47, 1996.

SANQUETA, C. R. **Falta profundidade para debater fixação de carbono**. In: REUNIÃO DO COMITÊ DE MEIO AMBIENTE DA AMCHAM-CURITIBA. Disponível em: <<http://www.ufpa.br/numa/numainforma/sequestrocarbono.htm>> Acesso em 30, out. 2002.

SANTANA, R. C.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Produção de biomassa de *Eucalyptus Grandis* e *E. saligna* em alguns sítios de florestais do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, **Anais...** Viçosa: 1995. p.864-865.

SANTOS, J. **Equações de biomassa para floresta tropical úmida da Amazônia brasileira**. 1996. 121f.Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SATOO, T. E. & MADGWICK, H. A. I. Methods of estimating forest biomass. In: **Foreste biomass**. The Hague, Martinus Nijhaji, 1982. 151 p.

SCHNEIDER, P. R. **Análise de regressão aplicada a Engenharia Florestal**. Santa Maria: UFSM, 1997. 236p.

SCHROEDER, P. Carbon storage potencial of short rotation tropical tree plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 50, p. 31-41, 1992. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com>> Acesso em: 10 jan. 2003.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, Lahore, v.47, n.9, p. 719-734, 1933.

SILVA, J.C. **Parâmetros da densidade da madeira**. Piracicaba: ESALQ, 1984. 82 p.

SILVA, J.A.; BORDERS, B.E.; BRISTER, G.H. A tree volume equation based on two lower stem diameters for Caribbean Pine in Sri Lanka. **Commonwelth Forestry Review**, Oxford, v.71, n.2, p.114-116, 1992.

SOARES, C.P.B. **Modelos para estimar a biomassa de parte aérea em um povoamento de *Eucalyptus grandis*, na Região de Viçosa Minas Gerais**. 1995. 86f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de Eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n.5, p.533-539, 2002.

SNE - SOCIEDADE NORDESTINA DE ECOLOGIA, CONSERVATION INTERNATIONAL E BIODIVERSITAS. **Mapas das prioridades de conservação da biodiversidade da mata atlântica do Nordeste**. Recife, 1994. 1 mapa, color., Escala: 1:100.000

TABARELLI, M; SILVA, J.M.C. da (Org). **Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco**. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, Editora Massangana, 2002. v.2, p. 689-696.

UHL, C.; BUSCHBACHER, R.; SERRÃO, E.A.S. Abandoned pastures in eastern Amazônia. Patterns of plant succession. **Journal of Ecology**, Oxford, 76, p. 663-671, 1988. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com> > Acesso em: 3 set. 2004.

VALE, A.B. et al. Influência do espaçamento e do sítio na produção florestal. **Boletim técnico. SIF**, Viçosa-MG, n.4, p. 1-20, 1982.

VANN, D. R.; PALMIOTTO, P. A.; STRIMBECK, G. R. Allometric equations for two South American conifers: Test of a non-destructive method. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.50, p.31-41, 1992. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>> Acesso em: 4 set. 2004.

VITAL, B. R. Métodos de determinação da densidade da Madeira. **Boletim Técnico. SIF**, Viçosa, MG. n.1, p.1-12, 1984.

VITAL, A. B.; DELLA LUCIA, R. M. Efeito do espaçamento na produção de peso e na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* aos 52 meses de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.11, n.2, p.132-145,1987.

VELOSO, H. P. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124p.

WARTZLAWICK, L. F. **Estimativa de biomassa e carbono em floresta ombrófila mista e plantações florestais a partir de dados de imagem do Satélite Ikonos II**. Curitiba: UFPR, 2003. 119f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

WEBER, K. S.. et al. Variação nos teores de carbono orgânico em povoamentos de *Araucária Angustifolia* (Bert.) O. ktze. **Brasil Florestal**, Brasília, DF, n.76, p.23-28, 2003.

ANEXO A

**TABELAS DAS EQUAÇÕES REFERENTES AOS MODELOS LINEAR,
NÃO LINEAR E LOGARÍTMICO**

LISTA DE TABELAS

| Tabela | | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Equações referentes ao modelo 1 (linear), que estimam biomassa e carbono total, e dos componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA) | 56 |
| 2 | Equações referentes ao modelo 2 (linear), que estimam biomassa e carbono total, e dos componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA) | 57 |
| 3 | Equações referentes ao modelo 3 (não linear), que estimam biomassa e carbono total, e dos componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA) | 58 |
| 4 | Equações referentes ao modelo 4 (não linear), que estimam biomassa e carbono total, e dos componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA) | 59 |
| 5 | Equações referentes ao modelo 5 (não linear), que estimam biomassa e carbono total, e dos componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA) | 60 |
| 6 | Equações referentes ao modelo 6 (logarítmico) incluídos os fatores de correção da discrepância logarítmica, que estimam biomassa e carbono total, e dos componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA) | 61 |
| 7 | Equações referentes ao modelo 7 (logarítmico) incluídos os fatores de correção da discrepância logarítmica, que estimam biomassa e carbono total, e dos componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA) | 62 |
| 8 | Equações referentes ao modelo 8 (logarítmico) incluídos os fatores de correção da discrepância logarítmica, que estimam biomassa e carbono total, e dos componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA) | 63 |

Tabela 1. Equações referentes ao modelo 1 (linear), que estimam biomassa e carbono total, e dos componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA)

| Nº Equação | Biomassa / Carbono | IA |
|-------------------|---------------------------------|-----------|
| Total | | |
| 1 | $Y = -4,264 + 13561,673 * VS_1$ | 0,962 |
| 2 | $Y = -2,205 + 7034,610 * VS_1$ | 0,960 |
| Fuste | | |
| 3 | $Y = -1,808 + 7585,298 * VS_1$ | 0,955 |
| 4 | $Y = -0,916 + 3904,434 * VS_1$ | 0,950 |
| Casca | | |
| 5 | $Y = -0,157 + 661,160 * VS_1$ | 0,904 |
| 6 | $Y = -0,088 + 352,634 * VS_1$ | 0,902 |
| Galhos | | |
| 7 | $Y = -2,233 + 4341,489 * VS_1$ | 0,773 |
| 8 | $Y = -1,168 + 2256,005 * VS_1$ | 0,775 |
| Folhas | | |
| 9 | $Y = -0,067 + 973,724 * VS_1$ | 0,749 |
| 10 | $Y = -0,032 + 521,537 * VS_1$ | 0,753 |

Tabela 2 Equações referentes ao modelo 2 (linear), que estimam biomassa e carbono total, e os componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA)

| Nº Equação | Biomassa / Carbono | IA |
|-------------------|---|-----------|
| Total | | |
| 11 | $Y = -1,569 + 14970,755 * VS_1 - 1,461 * H_T$ | 0,965 |
| 12 | $Y = -0,894 + 7719,905 * VS_1 - 0,224 * H_T$ | 0,963 |
| Fuste | | |
| 13 | $Y = -2,850 + 7040,570 * VS_1 + 0,178 * H_T$ | 0,956 |
| 14 | $Y = -1,549 + 3573,541 * VS_1 + 0,108 * H_T$ | 0,952 |
| Casca | | |
| 15 | $Y = -0,252 + 611,402 * VS_1 + 0,016 * H_T$ | 0,905 |
| 16 | $Y = -0,133 + 329,526 * VS_1 + 0,008 * H_T$ | 0,903 |
| Galhos | | |
| 17 | $Y = 0,835 + 5945,303 * VS_1 - 0,525 * H_T$ | 0,804 |
| 18 | $Y = 0,425 + 3088,612 * VS_1 - 0,272 * H_T$ | 0,806 |
| Folhas | | |
| 19 | $Y = 0,698 + 1373,481 * VS_1 - 0,131 * H_T$ | 0,785 |
| 20 | $Y = 0,363 + 728,227 * VS_1 - 0,068 * H_T$ | 0,788 |

Tabela 3 Equações referentes ao modelo 3 (não linear), que estimam biomassa e carbono total, e dos componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA)

| Nº Equação | Biomassa / Carbono | IA |
|-------------------|----------------------------------|-----------|
| Total | | |
| 21 | $Y = 157812,118 * VS_1^{1,426}$ | 0,973 |
| 22 | $Y = 82117,433 * VS_1^{1,426}$ | 0,971 |
| Fuste | | |
| 23 | $Y = 29152,939 * VS_1^{1,239}$ | 0,952 |
| 24 | $Y = 14542,440 * VS_1^{1,234}$ | 0,947 |
| Casca | | |
| 25 | $Y = 2450,594 * VS_1^{1,233}$ | 0,901 |
| 26 | $Y = 1488,909 * VS_1^{1,256}$ | 0,899 |
| Galhos | | |
| 27 | $Y = 2078410,011 * VS_1^{2,052}$ | 0,826 |
| 28 | $Y = 1227473,906 * VS_1^{2,074}$ | 0,831 |
| Folhas | | |
| 29 | $Y = 2984,33 * VS_1^{1,186}$ | 0,757 |
| 30 | $Y = 1541,676 * VS_1^{1,180}$ | 0,762 |

Tabela 4 Equações referentes ao modelo 4 (não linear), que estimam biomassa e carbono total, e dos componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA)

| Nº Equação | Biomassa / Carbono | IA |
|-------------------|--|-----------|
| Total | | |
| 31 | $Y = 37397,615 * VS_1^{1,344} * H_T^{0,376}$ | 0,975 |
| 32 | $Y = 15336,853 * VS_1^{1,331} * H_T^{0,439}$ | 0,974 |
| Fuste | | |
| 33 | $Y = 1590,183 * VS_1^{1,059} * H_T^{0,722}$ | 0,961 |
| 34 | $Y = 595,194 * VS_1^{1,036} * H_T^{0,793}$ | 0,958 |
| Casca | | |
| 35 | $Y = 68,714 * VS_1^{1,014} * H_T^{0,893}$ | 0,913 |
| 36 | $Y = 35,942 * VS_1^{1,030} * H_T^{0,937}$ | 0,912 |
| Galhos | | |
| 37 | $Y = 735993,958 * VS_1^{2,007} * H_T^{0,305}$ | 0,827 |
| 38 | $Y = 378130,291 * VS_1^{2,023} * H_T^{0,347}$ | 0,832 |
| Folhas | | |
| 39 | $Y = 209518,294 * VS_1^{1,446} * H_T^{-1,066}$ | 0,778 |
| 40 | $Y = 68049,553 * VS_1^{1,409} * H_T^{-0,955}$ | 0,778 |

Tabela 5 Equações referentes ao modelo 5 (não linear), que estimam biomassa e carbono total, e dos componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA)

| Nº Equação | Biomassa / Carbono | IA |
|-------------------|--|-----------|
| Total | | |
| 41 | $Y = 190223,559 * VS_1^{1,434} * H_F^{-0,072}$ | 0,973 |
| 42 | $Y = 96656,549 * VS_1^{1,433} * H_F^{-0,063}$ | 0,972 |
| Fuste | | |
| 43 | $Y = 5530,295 * V S_1^{1,156} * H_F^{0,602}$ | 0,983 |
| 44 | $Y = 2690,266 * VS_1^{1,148} * H_F^{0,608}$ | 0,979 |
| Casca | | |
| 45 | $Y = 446,734 * VS_1^{1,149} * H_F^{0,619}$ | 0,930 |
| 46 | $Y = 267,988 * V S_1^{1,172} * H_F^{0,629}$ | 0,929 |
| Galhos | | |
| 47 | $Y = 51523800 * VS_1^{2,107} * H_F^{-1,529}$ | 0,928 |
| 48 | $Y = 29146400 * VS_1^{2,124} * H_F^{-1,519}$ | 0,931 |
| Folhas | | |
| 49 | $Y = 13418,256 * VS_1^{1,251} * H_F^{-0,585}$ | 0,786 |
| 50 | $Y = 6171,504 * VS_1^{1,238} * H_F^{-0,543}$ | 0,786 |

Tabela 6 Equações referentes ao modelo 6 (logarítmico) incluídos os fatores de correção da discrepância logarítmica, que estimam biomassa e carbono total, e dos componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA)

| Nº Equação | Biomassa / Carbono | IA |
|-------------------|---|-----------|
| Total | | |
| 51 | $\text{LnY} = 12,081 + 1,445 * \text{LnVS}_1$ | 0,989 |
| 52 | $\text{LnY} = 11,329 + 1,430 * \text{LnVS}_1$ | 0,987 |
| Fuste | | |
| 53 | $\text{LnY} = 11,472 + 1,427 * \text{LnVS}_1$ | 0,976 |
| 54 | $\text{LnY} = 10,697 + 1,410 * \text{LnVS}_1$ | 0,973 |
| Casca | | |
| 55 | $\text{LnY} = 8,620 + 1,365 * \text{LnVS}_1$ | 0,970 |
| 56 | $\text{LnY} = 8,044 + 1,376 * \text{LnVS}_1$ | 0,969 |
| Galhos | | |
| 57 | $\text{LnY} = 14,677 + 2,084 * \text{LnVS}_1$ | 0,906 |
| 58 | $\text{LnY} = 14,040 + 2,088 * \text{LnVS}_1$ | 0,906 |
| Folhas | | |
| 59 | $\text{LnY} = 5,916 + 0,871 * \text{LnVS}_1$ | 0,777 |
| 60 | $\text{LnY} = 5,248 + 0,863 * \text{LnVS}_1$ | 0,768 |

Tabela 7 Equações referentes ao modelo 7 (logarítmico) incluídos os fatores de correção da discrepância logarítmica, que estimam biomassa e carbono total, e dos componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA)

| Nº Equação | Biomassa / Carbono | IA |
|-------------------|--|-----------|
| Total | | |
| 61 | $\text{LnY} = 9,934 + 1,273 * \text{LnVS}_1 + 0,430 * \text{LnH}_T$ | 0,990 |
| 62 | $\text{LnY} = 9,053 + 1,247 * \text{LnVS}_1 + 0,456 * \text{LnH}_T$ | 0,989 |
| Fuste | | |
| 63 | $\text{LnY} = 6,379 + 1,018 * \text{LnVS}_1 + 1,020 * \text{LnH}_T$ | 0,986 |
| 64 | $\text{LnY} = 5,345 + 0,980 * \text{LnVS}_1 - 1,072 * \text{LnH}_T$ | 0,985 |
| Casca | | |
| 65 | $\text{LnY} = 5,246 + 1,094 * \text{LnVS}_1 + 0,676 * \text{LnH}_T$ | 0,975 |
| 66 | $\text{LnY} = 4,714 + 1,108 * \text{LnVS}_1 + 0,667 * \text{LnH}_T$ | 0,974 |
| Galhos | | |
| 67 | $\text{LnY} = 17,263 + 2,292 * \text{LnVS}_1 - 0,518 * \text{LnH}_T$ | 0,908 |
| 68 | $\text{LnY} = 16,385 + 2,276 * \text{LnVS}_1 - 0,470 * \text{LnH}_T$ | 0,907 |
| Folhas | | |
| 69 | $\text{LnY} = 12,524 + 1,401 * \text{LnVS}_1 - 1,324 * \text{LnH}_T$ | 0,813 |
| 70 | $\text{LnY} = 11,850 + 1,393 * \text{LnVS}_1 - 1,322 * \text{LnH}_T$ | 0,803 |

Tabela 8 Equações referentes ao modelo 8 (logarítmico) incluídos os fatores de correção da discrepância logarítmica, que estimam biomassa e carbono total, e dos componentes fuste, casca, galhos e folhas por broto individual e seus respectivos índices de ajuste (IA)

| Nº Equação | Biomassa / Carbono | IA |
|-------------------|--|-----------|
| Total | | |
| 71 | $\text{LnY} = 12,121 + 1,448 * \text{LnVS}_1 - 0,010 * \text{LnH}_F$ | 0,989 |
| 72 | $\text{LnY} = 11,336 + 1,431 * \text{LnVS}_1 - 0,002 * \text{LnH}_F$ | 0,987 |
| Fuste | | |
| 73 | $\text{LnY} = 8,946 + 1,218 * \text{LnVS}_1 + 0,636 * \text{LnH}_F$ | 0,992 |
| 74 | $\text{LnY} = 8,132 + 1,198 * \text{LnVS}_1 + 0,646 * \text{LnH}_F$ | 0,990 |
| Casca | | |
| 75 | $\text{LnY} = 7,184 + 1,246 * \text{LnVS}_1 + 0,362 * \text{LnH}_F$ | 0,975 |
| 76 | $\text{LnY} = 6,687 + 1,263 * \text{LnVS}_1 + 0,342 * \text{LnH}_F$ | 0,974 |
| Galhos | | |
| 77 | $\text{LnY} = 21,392 + 2,640 * \text{LnVS}_1 - 1,691 * \text{LnH}_F$ | 0,955 |
| 78 | $\text{LnY} = 20,794 + 2,647 * \text{LnVS}_1 - 1,700 * \text{LnH}_F$ | 0,955 |
| Folhas | | |
| 79 | $\text{LnY} = 8,445 + 1,080 * \text{LnVS}_1 - 0,637 * \text{LnH}_F$ | 0,811 |
| 80 | $\text{LnY} = 7,707 + 1,067 * \text{LnVS}_1 + 0,619 * \text{LnH}_F$ | 0,800 |

ANEXO B

**DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DAS EQUAÇÕES OBTIDAS
APATIR DOS MODELOS LINEARES, NÃO LINEARES E LOGARÍTMICOS.**

LISTA DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|---------------|--|---------------|
| 1 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa total para a equação 1. | 70 |
| 2 | Distribuição dos resíduos em função do carbono total para a equação 2. | 70 |
| 3 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa do fuste para a equação 3. | 71 |
| 4 | Distribuição dos resíduos em função do carbono do fuste para a equação 4. | 71 |
| 5 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa da casca para a equação 5. | 72 |
| 6 | Distribuição dos resíduos em função do carbono da casca para a equação 6. | 72 |
| 7 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa dos galhos para a equação 7. | 73 |
| 8 | Distribuição dos resíduos em função do carbono dos galhos para a equação 8. | 73 |
| 9 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa das folhas para a equação 9. | 74 |
| 10 | Distribuição dos resíduos em função do carbono das folhas para a equação 10. | 74 |
| 11 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa total para a equação 11. | 75 |
| 12 | Distribuição dos resíduos em função do carbono total para a equação 12. | 75 |
| 13 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa do fuste para a equação 13. | 76 |
| 14 | Distribuição dos resíduos em função do carbono do fuste para a equação 14. | 76 |
| 15 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa da casca para a equação 15. | 77 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 16 | Distribuição dos resíduos em função do carbono da casca para a equação 16. | 77 |
| 17 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa dos galhos para a equação 17. | 78 |
| 18 | Distribuição dos resíduos em função do carbono dos galhos para a equação 18. | 78 |
| 19 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa das folhas para a equação 19. | 79 |
| 20 | Distribuição dos resíduos em função do carbono das folhas para a equação 20. | 79 |
| 21 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa total para a equação 21. | 80 |
| 22 | Distribuição dos resíduos em função do carbono total para a equação 22. | 80 |
| 23 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa do fuste para a equação 23. | 81 |
| 24 | Distribuição dos resíduos em função do carbono do fuste para a equação 24. | 81 |
| 25 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa da casca para a equação 25. | 82 |
| 26 | Distribuição dos resíduos em função do carbono da casca para a equação 26. | 82 |
| 27 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa dos galhos para a equação 27. | 83 |
| 28 | Distribuição dos resíduos em função do carbono dos galhos para a equação 28. | 83 |
| 29 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa das folhas para a equação 29. | 84 |
| 30 | Distribuição dos resíduos em função do carbono das folhas para a equação 30. | 84 |
| 31 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa total para a equação 31. | 85 |
| 32 | Distribuição dos resíduos em função do carbono total para a equação 32. | 85 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 33 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa do fuste para a equação 33. | 86 |
| 34 | Distribuição dos resíduos em função do carbono do fuste para a equação 34. | 86 |
| 35 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa da casca para a equação 35. | 87 |
| 36 | Distribuição dos resíduos em função do carbono da casca para a equação 36. | 87 |
| 37 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa dos galhos para a equação 37. | 88 |
| 38 | Distribuição dos resíduos em função do carbono dos galhos para a equação 38. | 88 |
| 39 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa das folhas para a equação 39. | 89 |
| 40 | Distribuição dos resíduos em função do carbono das folhas para a equação 40. | 89 |
| 41 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa total para a equação 41. | 90 |
| 42 | Distribuição dos resíduos em função do carbono total para a equação 42. | 90 |
| 43 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa do fuste para a equação 43. | 91 |
| 44 | Distribuição dos resíduos em função do carbono do fuste para a equação 44. | 91 |
| 45 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa da casca para a equação 45. | 92 |
| 46 | Distribuição dos resíduos em função do carbono da casca para a equação 46. | 92 |
| 47 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa dos galhos para a equação 47. | 93 |
| 48 | Distribuição dos resíduos em função do carbono dos galhos para a equação 48. | 93 |
| 49 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa das folhas para a equação 49. | 94 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 50 | Distribuição dos resíduos em função do carbono das folhas para a equação 50. | 94 |
| 51 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa total para a equação 51. | 95 |
| 52 | Distribuição dos resíduos em função do carbono total para a equação 52. | 95 |
| 53 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa do fuste para a equação 53 | 96 |
| 54 | Distribuição dos resíduos em função do carbono do fuste para a equação 54. | 96 |
| 55 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa da casca para a equação 55. | 97 |
| 56 | Distribuição dos resíduos em função do carbono da casca para a equação 56. | 97 |
| 57 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa dos galhos para a equação 57. | 98 |
| 58 | Distribuição dos resíduos em função do carbono dos galhos para a equação 58. | 98 |
| 59 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa das folhas para a equação 59. | 99 |
| 60 | Distribuição dos resíduos em função do carbono das folhas para a equação 60. | 99 |
| 61 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa total para a equação 61. | 100 |
| 62 | Distribuição dos resíduos em função do carbono total para a equação 62 | 100 |
| 63 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa do fuste para a equação 63. | 101 |
| 64 | Distribuição dos resíduos em função do carbono do fuste para a equação 64. | 101 |
| 65 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa da casca para a equação 65. | 102 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 66 | Distribuição dos resíduos em função do carbono da casca para a equação 66. | 102 |
| 67 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa dos galhos para a equação 67. | 103 |
| 68 | Distribuição dos resíduos em função do carbono dos galhos para a equação 68. | 103 |
| 69 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa das folhas para a equação 69. | 104 |
| 70 | Distribuição dos resíduos em função do carbono das folhas para a equação 70. | 104 |
| 71 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa total para a equação 71. | 105 |
| 72 | Distribuição dos resíduos em função do carbono total para a equação 72. | 105 |
| 73 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa do fuste para a equação 73. | 106 |
| 74 | Distribuição dos resíduos em função do carbono do fuste para a equação 74. | 106 |
| 75 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa da casca para a equação 75. | 107 |
| 76 | Distribuição dos resíduos em função do carbono da casca para a equação 76. | 107 |
| 77 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa dos galhos para a equação 77. | 108 |
| 78 | Distribuição dos resíduos em função do carbono dos galhos para a equação 78. | 108 |
| 79 | Distribuição dos resíduos em função da biomassa das folhas para a equação 79. | 109 |
| 80 | Distribuição dos resíduos em função do carbono das folhas para a equação 80. | 109 |

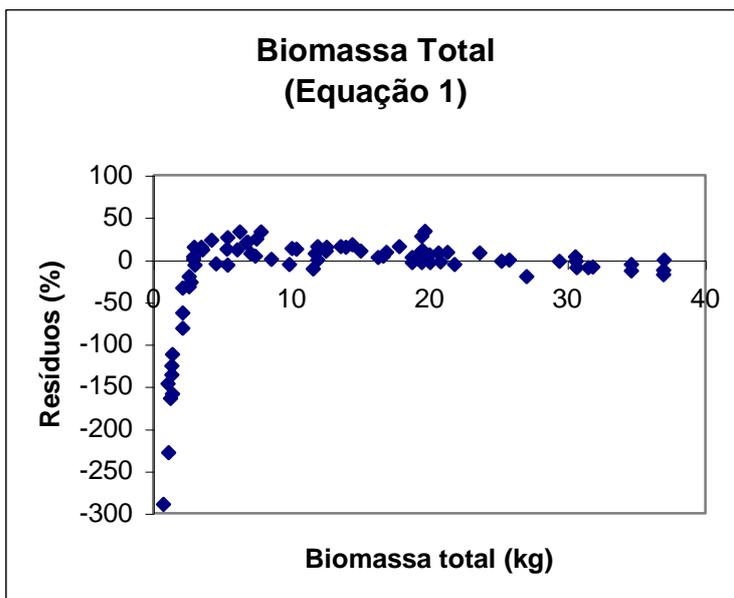


Figura 1 Distribuição dos resíduos em função da biomassa total para a equação 1, ($Y = -4,264 + 13561,673 \cdot VS_1$).

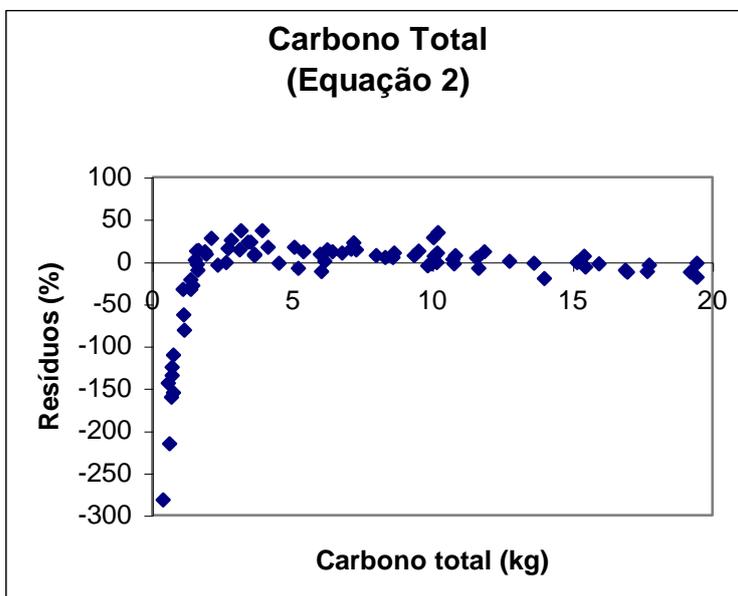


Figura 2 Distribuição dos resíduos em função do carbono total para a equação 2, ($Y = -2,205 + 7034,610 \cdot VS_1$).

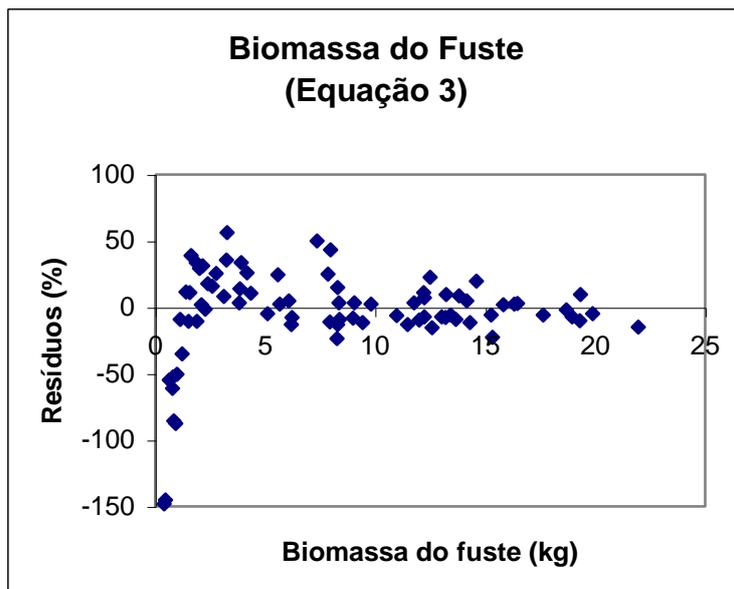


Figura 3 Distribuição dos resíduos em função da biomassa do fuste para a equação 3, ($Y = -1,808 + 7585,298 * VS_1$).

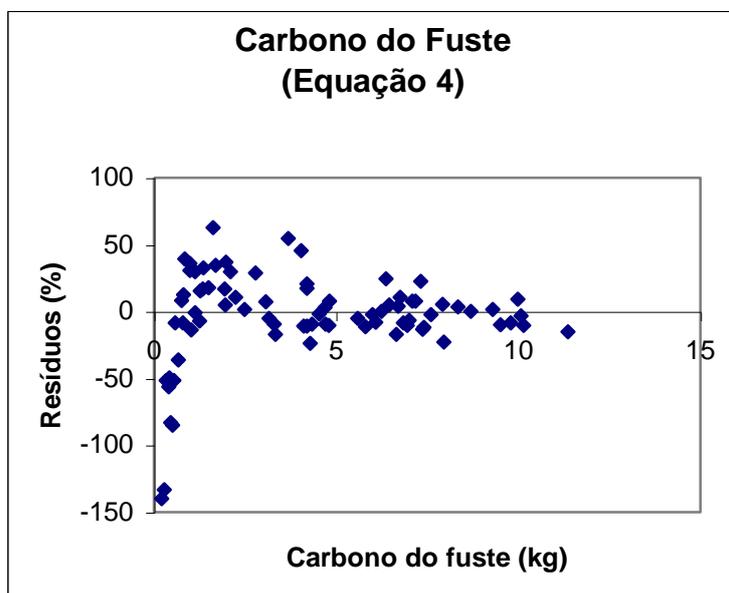


Figura 4 Distribuição dos resíduos em função do carbono do fuste para a equação 4, ($Y = -0,916 + 3904,434 * VS_1$).

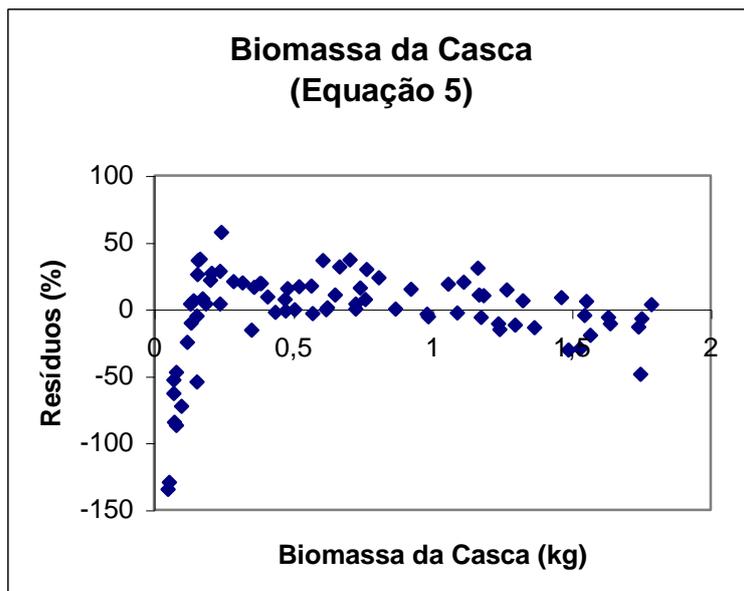


Figura 5 Distribuição dos resíduos em função da biomassa da casca para a equação 5, ($Y = -0,157 + 661,160 * VS_1$).

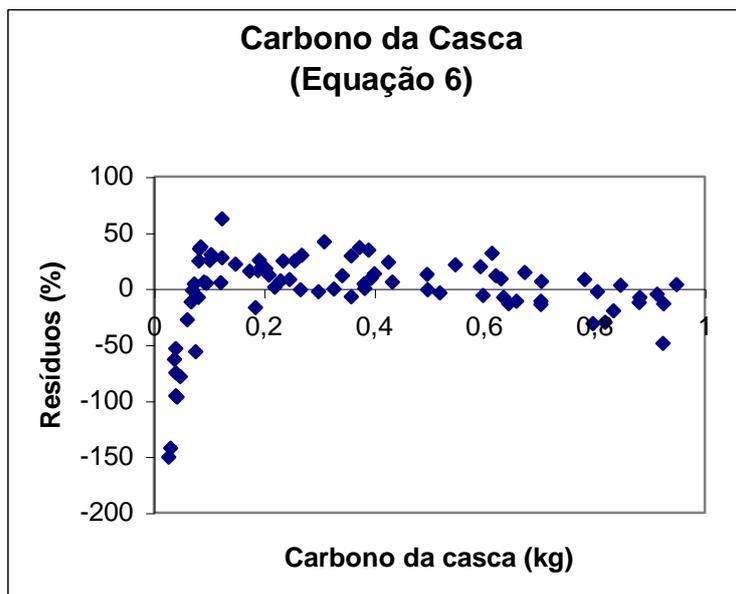


Figura 6 Distribuição dos resíduos em função do carbono da casca para a equação 6, ($Y = -0,088 + 352,634 * VS_1$).

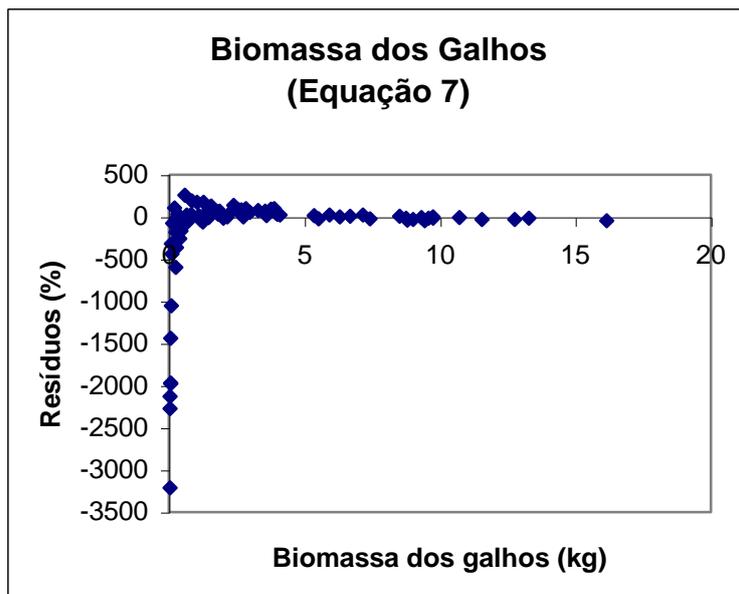


Figura 7 Distribuição dos resíduos em função da biomassa dos galhos para a equação 7, ($Y = -2,233 + 4341,489 * VS_1$).

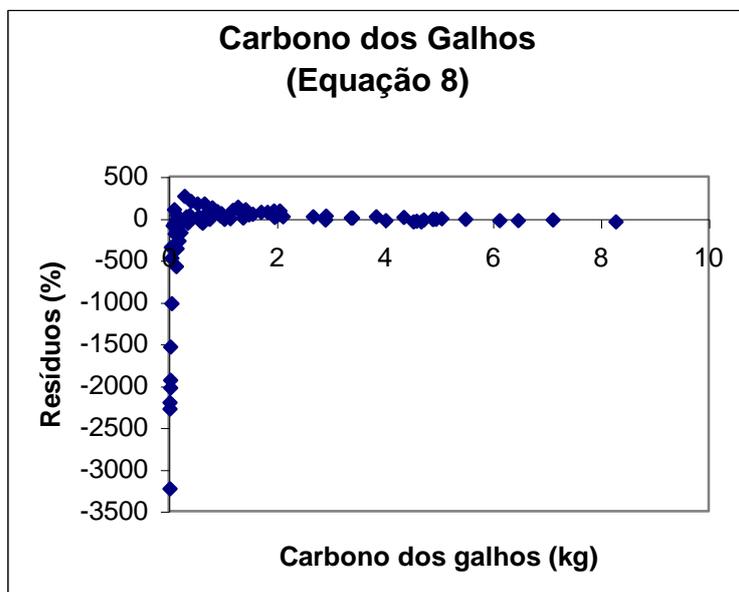


Figura 8 Distribuição dos resíduos em função do carbono dos galhos para a equação 8, ($Y = -1,168 + 2256,005 * VS_1$).

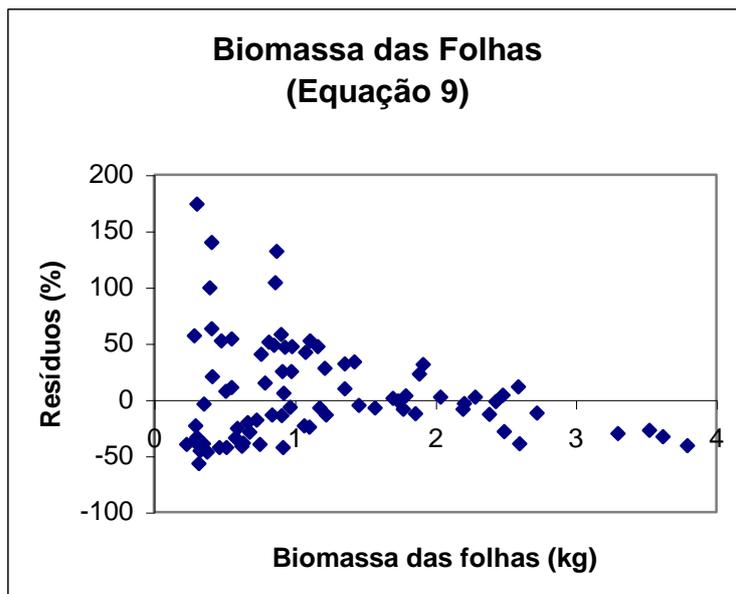


Figura 9 Distribuição dos resíduos em função da biomassa das folhas para a equação 9, ($Y = -0,067 + 973,724 * VS_1$).

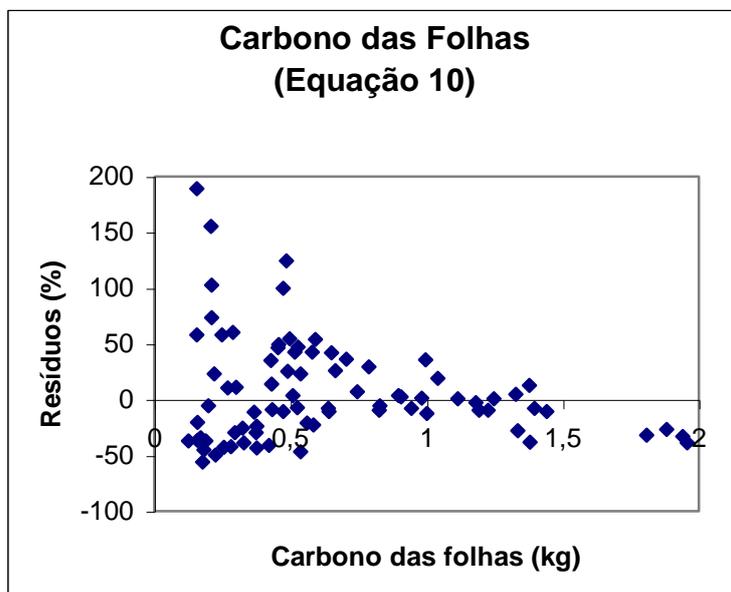


Figura 10 Distribuição dos resíduos em função do carbono das folhas para a equação 10, ($Y = -0,032 + 521,537 * VS_1$).

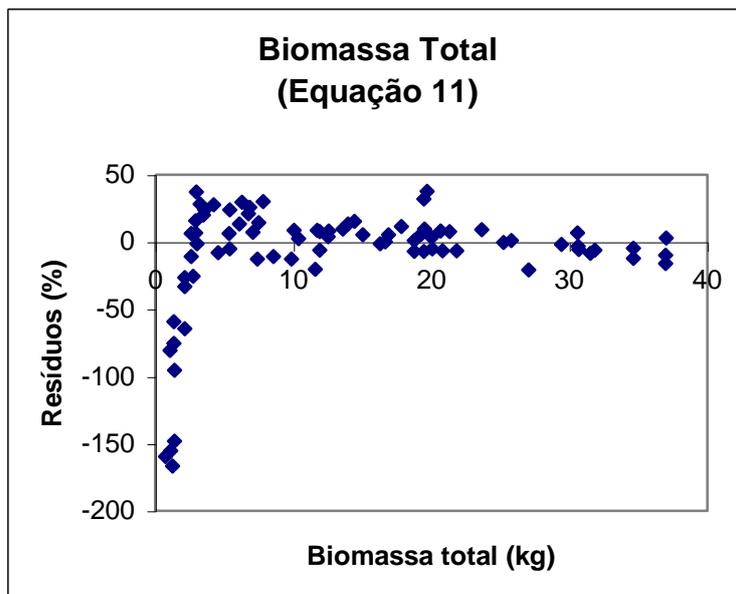


Figura 11 Distribuição dos resíduos em função da biomassa total para a equação 11, ($Y = -1,569 + 14970,755 * VS_1 - 1,461 * H_T$).

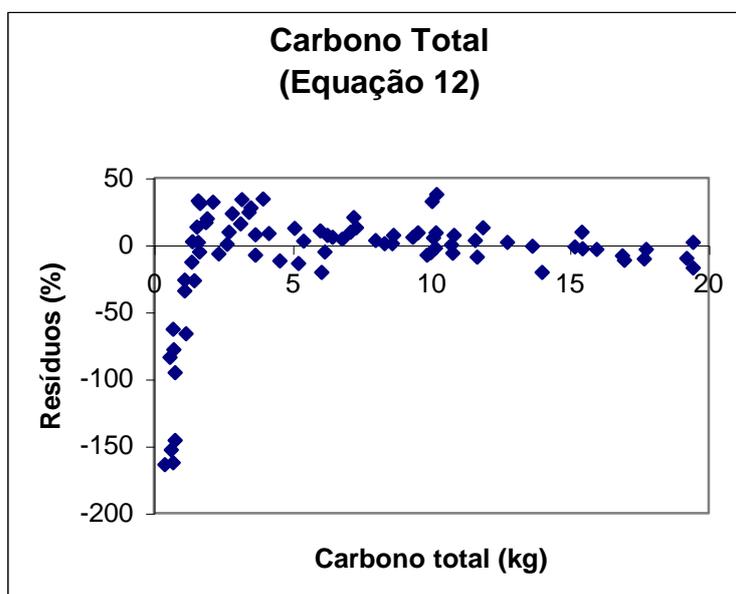


Figura 12 Distribuição dos resíduos em função do carbono total para a equação 12, ($Y = -0,894 + 7719,905 * VS_1 - 0,224 * H_T$).

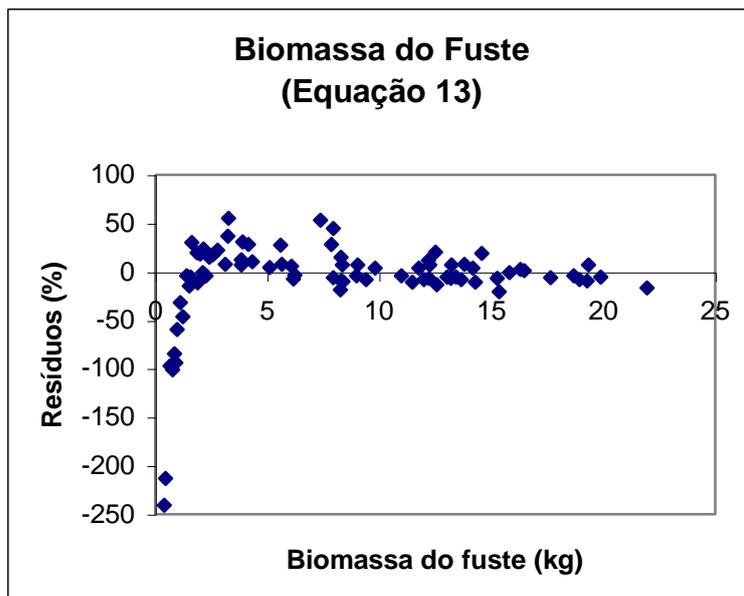


Figura 13 Distribuição dos resíduos em função da biomassa do fuste para a equação 13, ($Y = -2,850 + 7040,570 * VS_1 + 0,178 * H_T$).

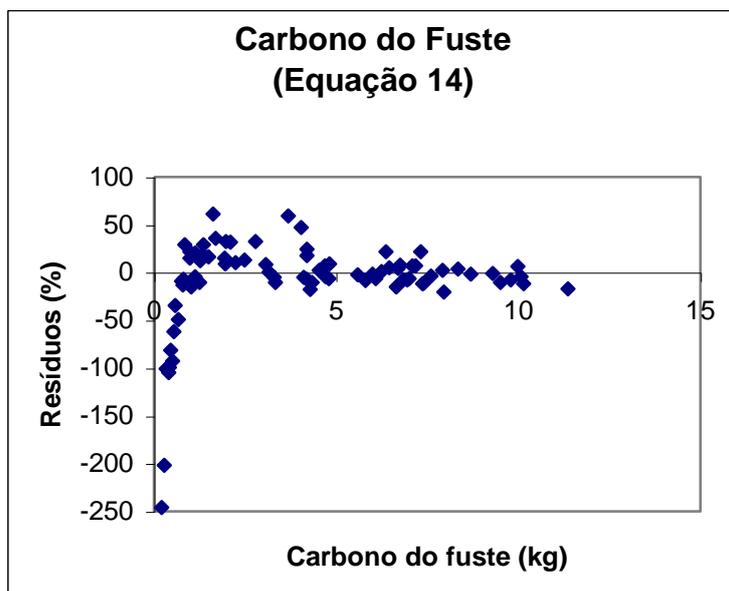


Figura 14 Distribuição dos resíduos em função do carbono do fuste para a equação 14, ($Y = -1,549 + 3573,541 * VS_1 + 0,108 * H_T$).

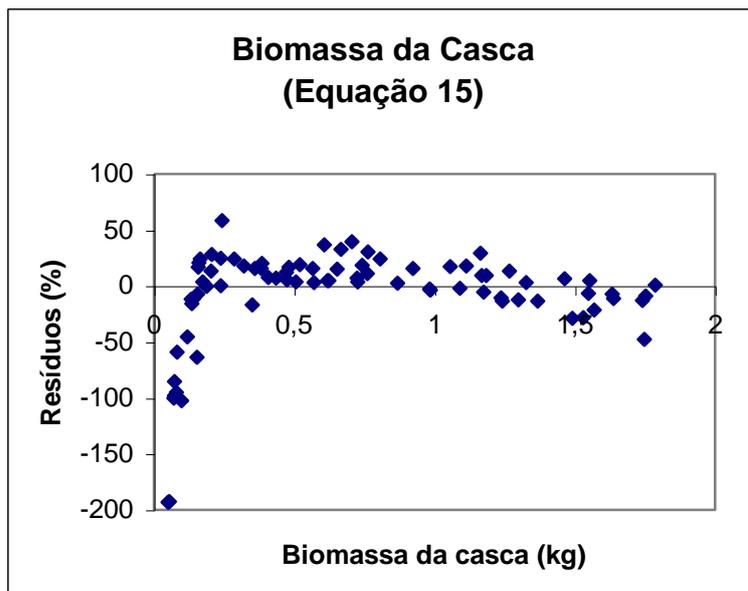


Figura 15 Distribuição dos resíduos em função da biomassa da casca para a equação 15, ($Y = -0,252 + 611,402 * VS_1 + 0,016 * H_T$).

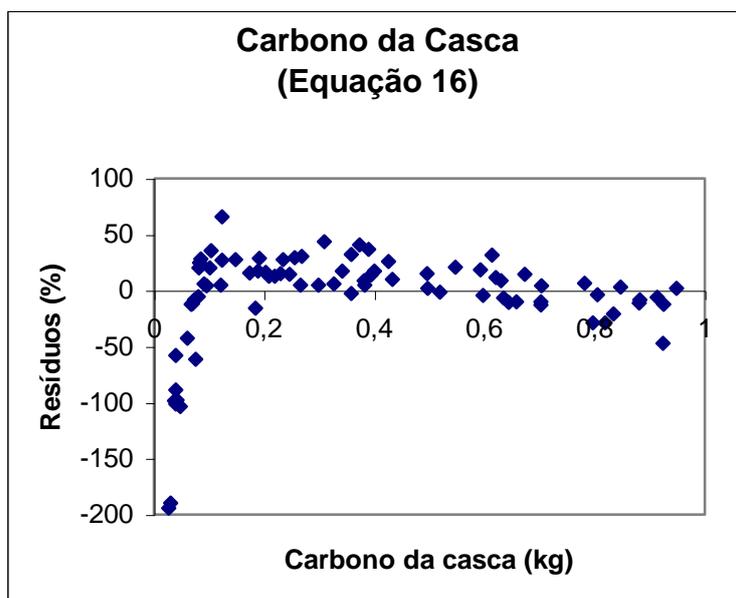


Figura 16 Distribuição dos resíduos em função do carbono da casca para a equação 16, ($Y = -0,133 + 329,526 * VS_1 + 0,008 * H_T$).

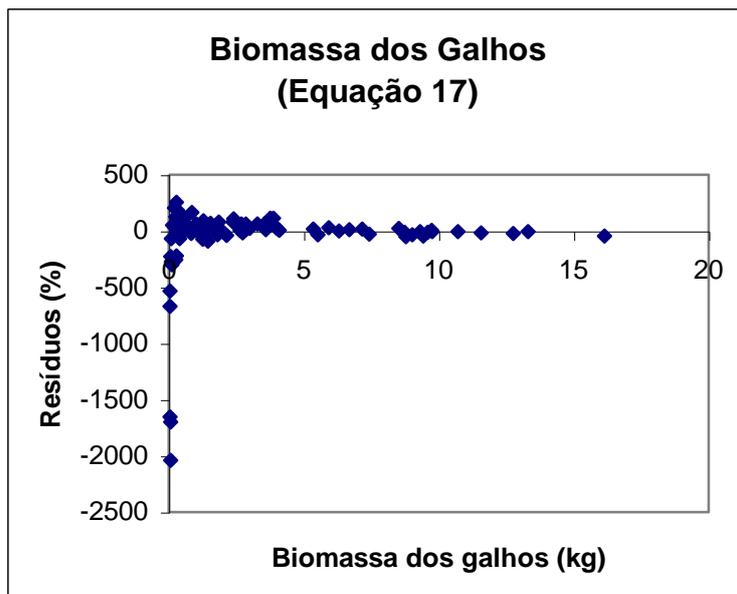


Figura 17 Distribuição dos resíduos em função da biomassa dos galhos para a equação 17, ($Y = 0,835 + 5945,303 * VS_1 - 0,525 * H_T$).

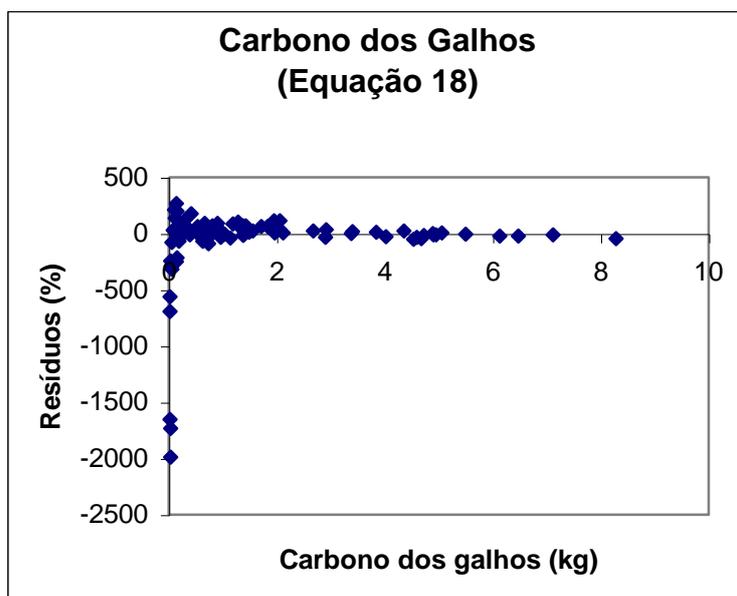


Figura 18 Distribuição dos resíduos em função do carbono dos galhos para a equação 18, ($Y = 0,425 + 3088,612 * VS_1 - 0,272 * H_T$).

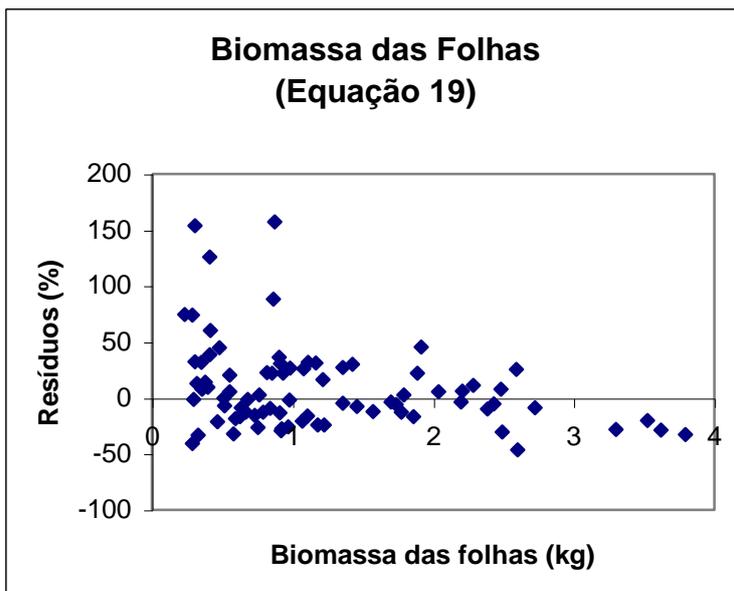


Figura 19 Distribuição dos resíduos em função da biomassa das folhas para a equação 19, $(Y = 0,698 + 1373,481 \cdot VS_1 - 0,131 \cdot H_T)$.

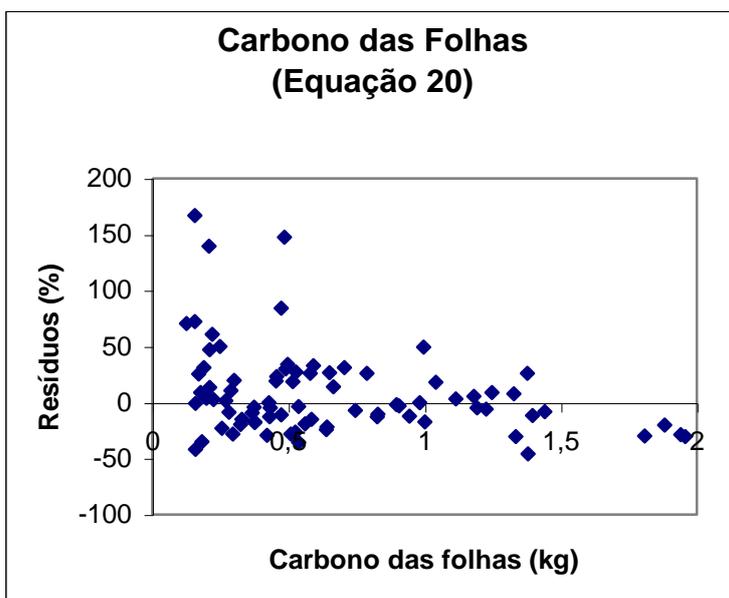


Figura 20 Distribuição dos resíduos em função do carbono das folhas para a equação 20, $(Y = 0,363 + 728,227 \cdot VS_1 - 0,068 \cdot H_T)$.

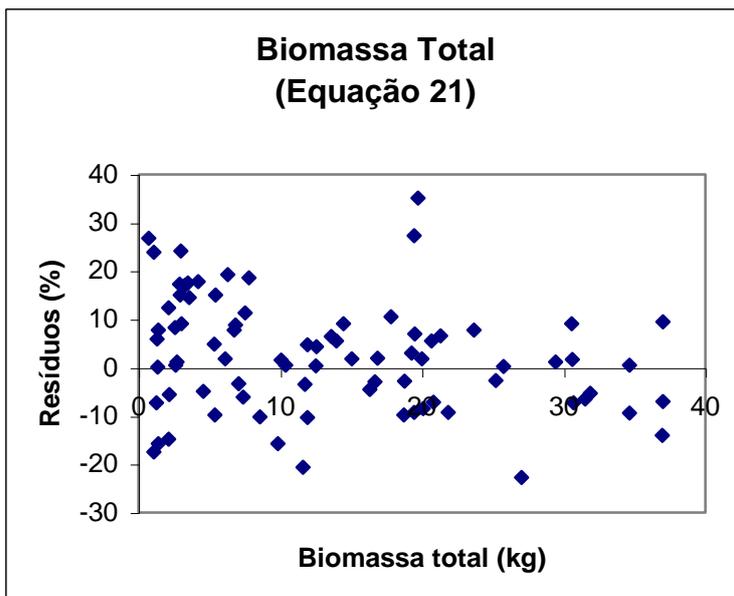


Figura 21 Distribuição dos resíduos em função da biomassa total para a equação 21, ($Y = 157812,118 * VS_1^{1,426}$)

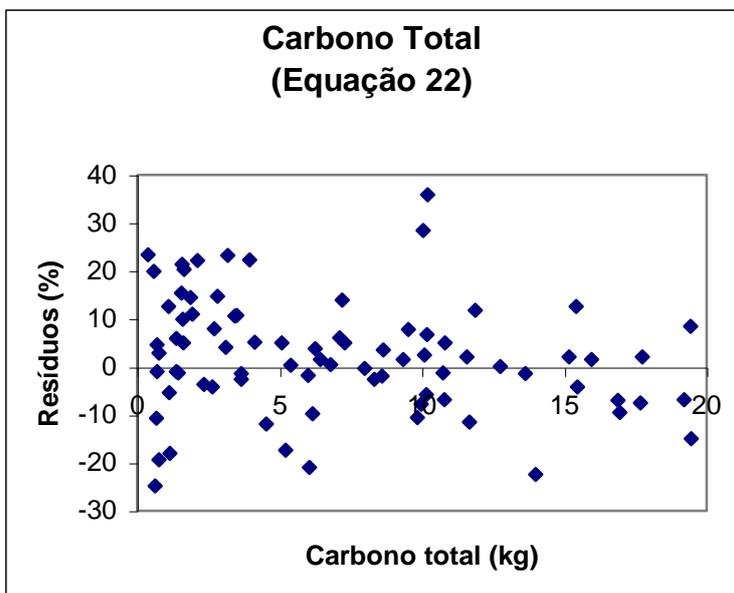


Figura 22 Distribuição dos resíduos em função do carbono total para a equação 22, ($Y = 82117,433 * VS_1^{1,426}$).

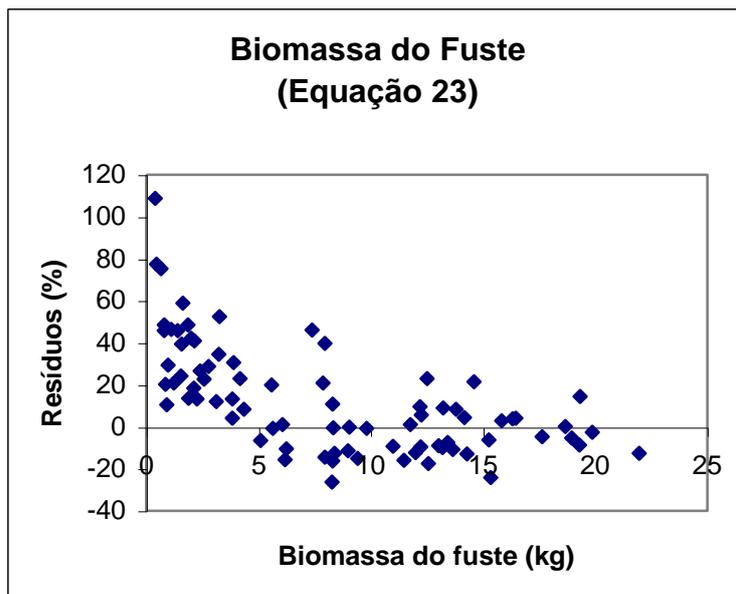


Figura 23 Distribuição dos resíduos em função da biomassa do fuste para a equação 23, ($Y = 29152,939 * VS_1^{1,239}$).

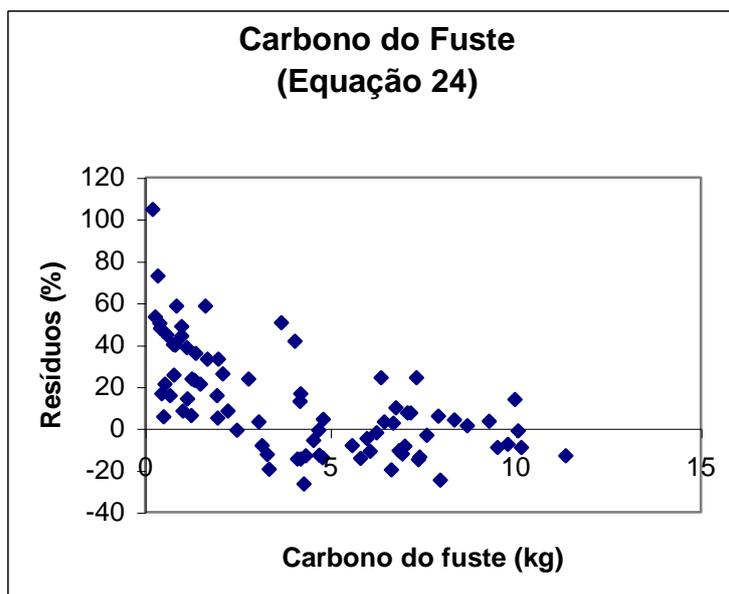


Figura 24 Distribuição dos resíduos em função do carbono do fuste para a equação 24, ($Y = 14542,440 * VS_1^{1,234}$).

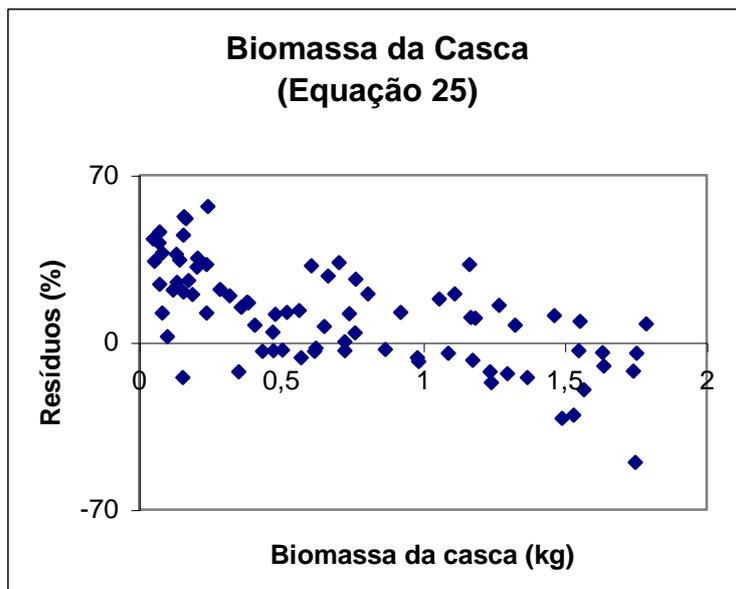


Figura 25 Distribuição dos resíduos em função da biomassa da casca para a equação 25, ($Y = 2450,594 * VS_1^{1,233}$).

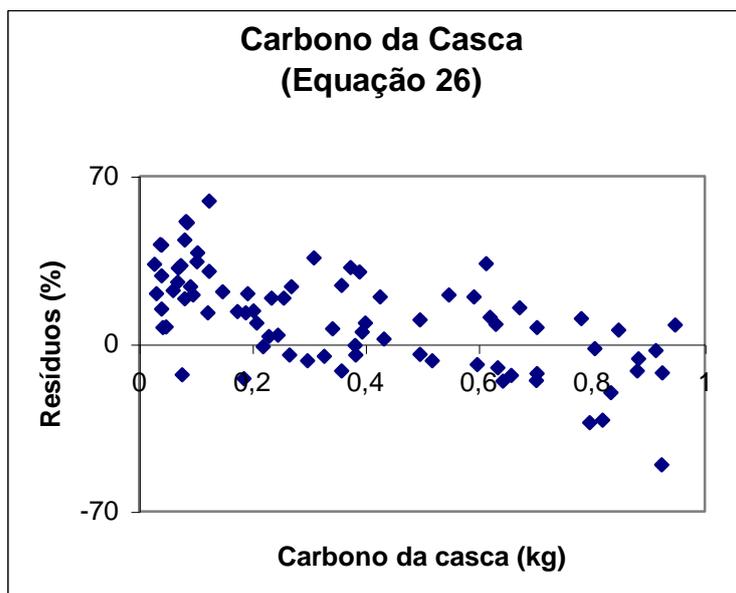


Figura 26 Distribuição dos resíduos em função do carbono da casca para a equação 26, ($Y = 1488,909 * VS_1^{1,256}$).

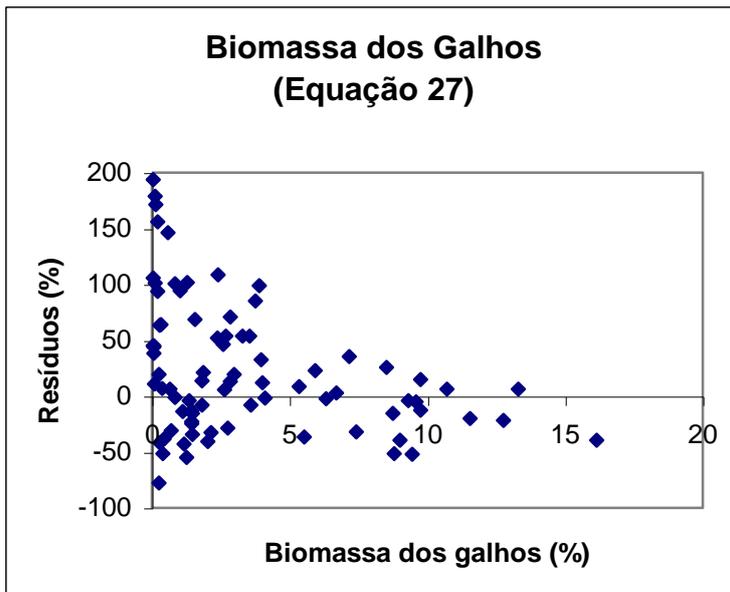


Figura 27 Distribuição dos resíduos em função da biomassa dos galhos para a equação 27, ($Y = 2078410,011 * VS_1^{2,052}$).

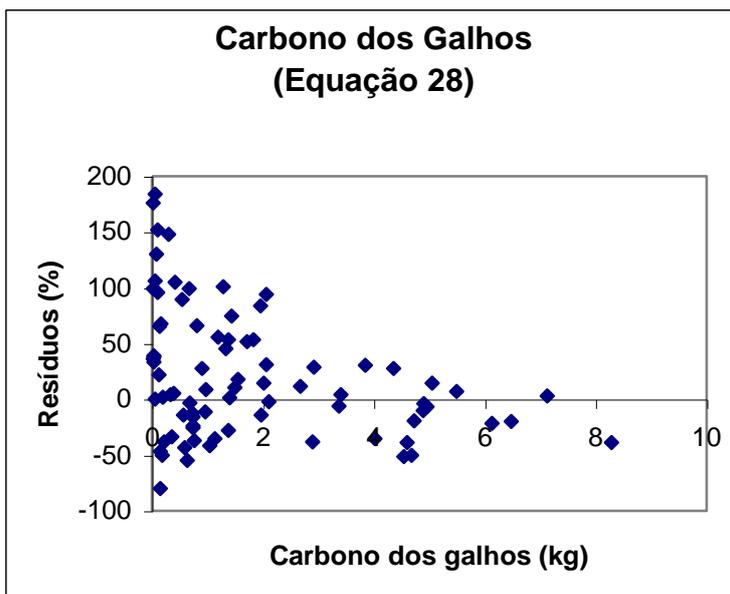


Figura 28 Distribuição dos resíduos em função do carbono dos galhos para a equação 28 ($Y = 1227473,906 * VS_1^{2,074}$).

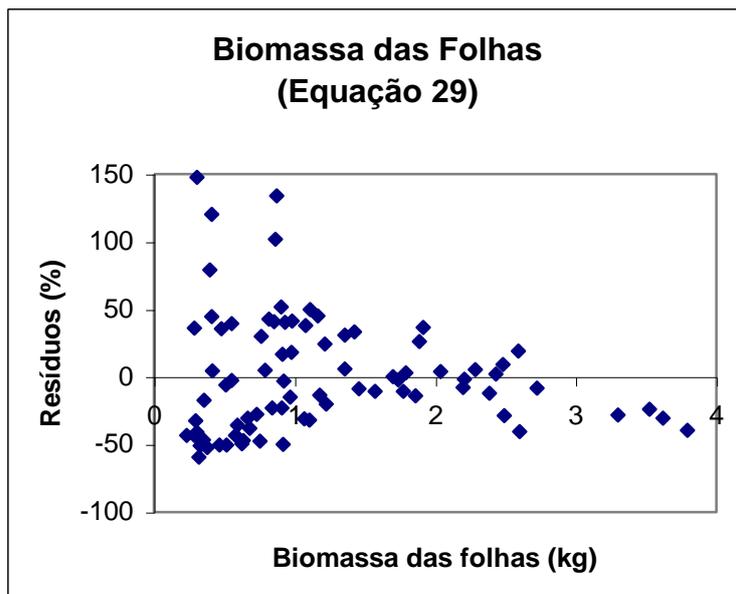


Figura 29 Distribuição dos resíduos em função da biomassa das folhas para a equação 29, ($Y = 2984,33 * VS_1^{1,186}$).

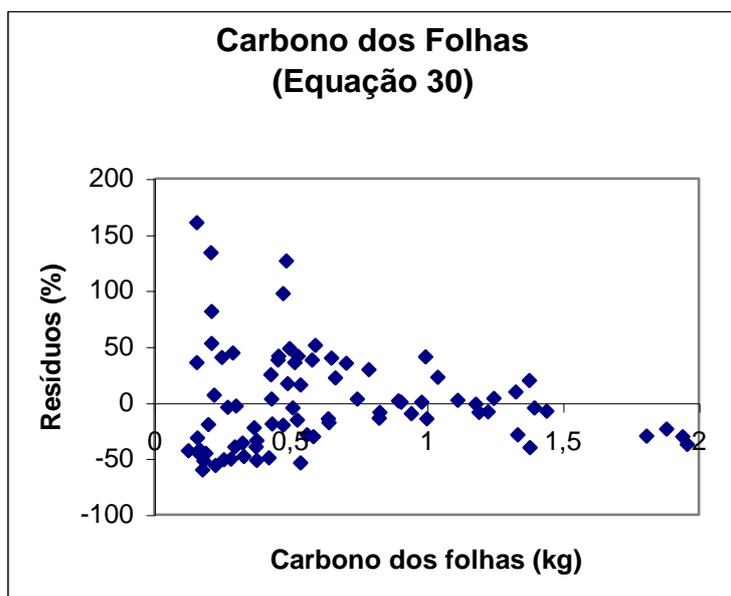


Figura 30 Distribuição dos resíduos em função do carbono das folhas para a equação 30, ($Y = 1541,676 * VS_1^{1,180}$).

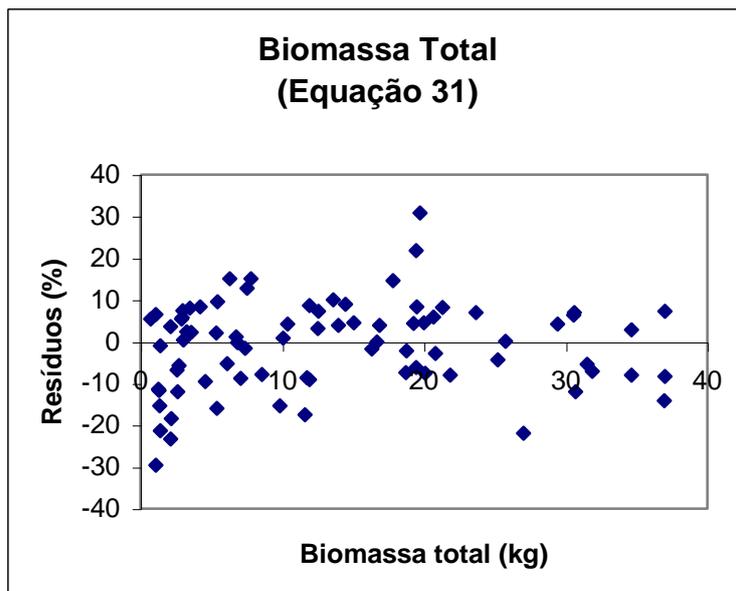


Figura 31 Distribuição dos resíduos em função da biomassa total para a equação 31, ($Y = 37397,615 * VS_1^{1,344} * H_T^{0,376}$).

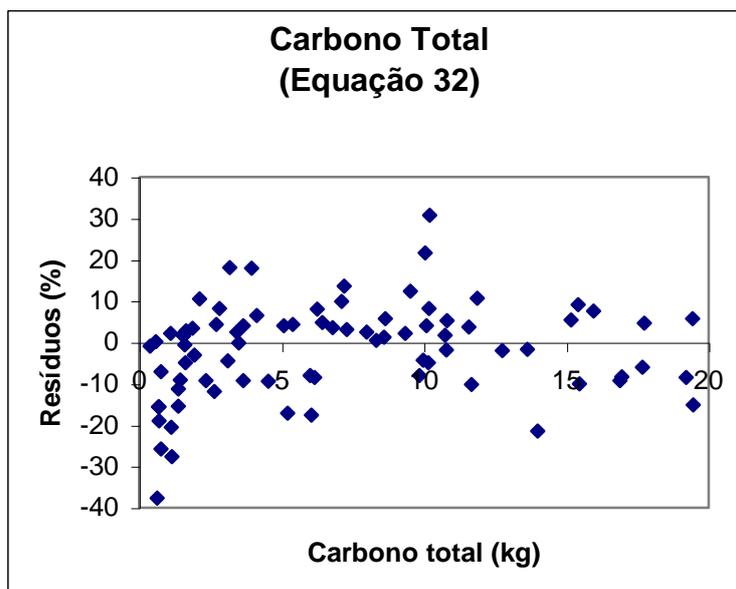


Figura 32 Distribuição dos resíduos em função do carbono total para a equação 32, ($Y = 15336,853 * VS_1^{1,331} * H_T^{0,439}$).

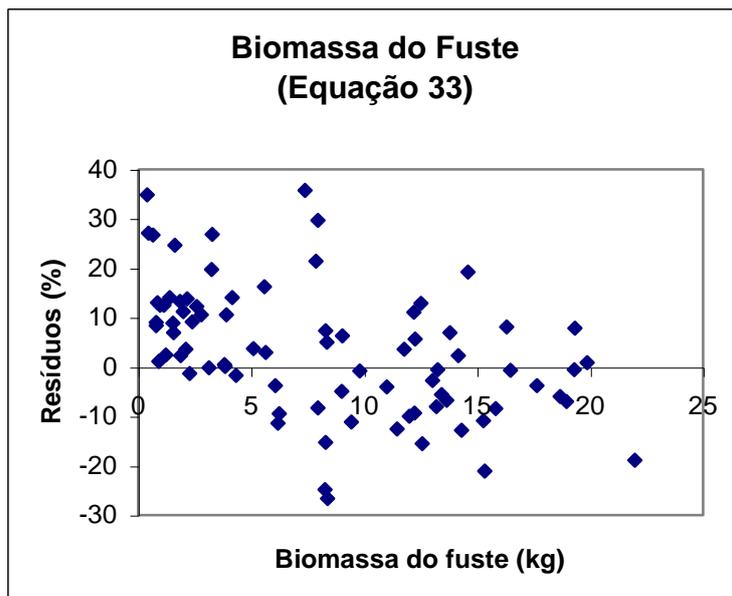


Figura 33 Distribuição dos resíduos em função da biomassa do fuste para a equação 33, ($Y = 1590,183 * VS_1^{1,059} * H_T^{0,722}$).

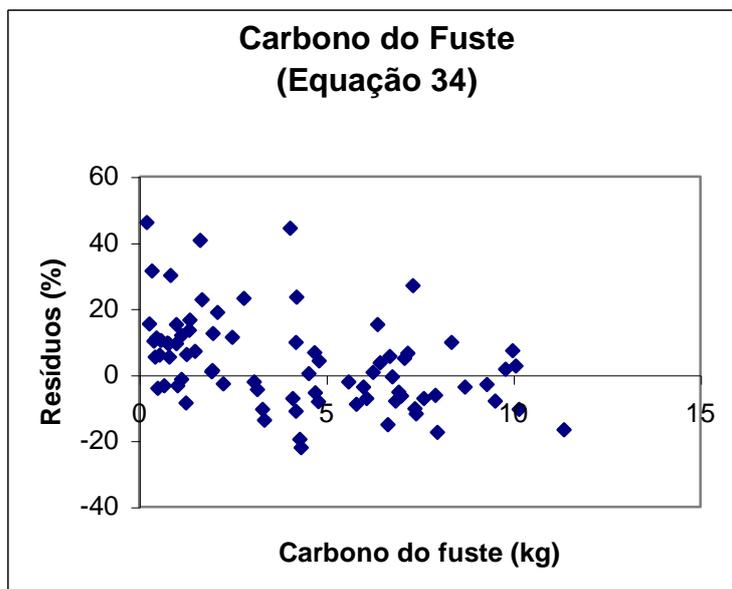


Figura 34 Distribuição dos resíduos em função do carbono do fuste para a equação 34, ($Y = 595,194 * VS_1^{1,036} * H_T^{0,793}$).

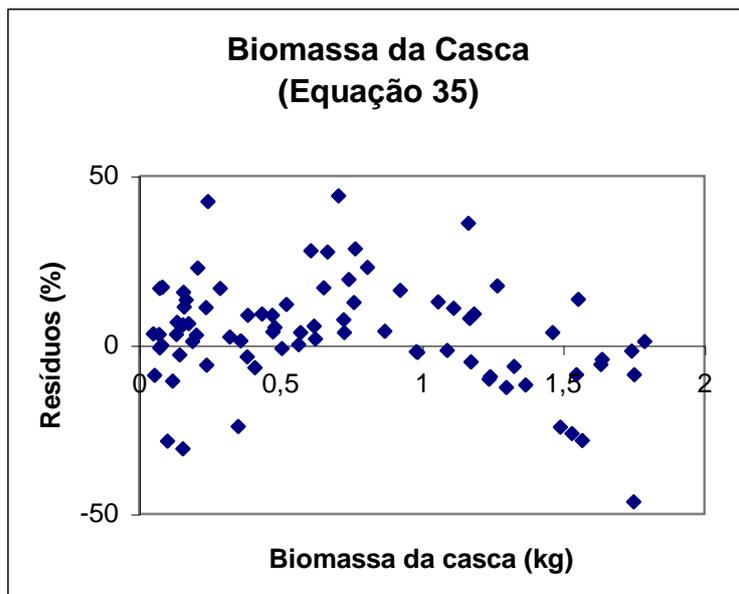


Figura 35 Distribuição dos resíduos em função da biomassa da casca para a equação 35, ($Y = 68,714 * VS_1^{1,014} * H_T^{0,893}$).

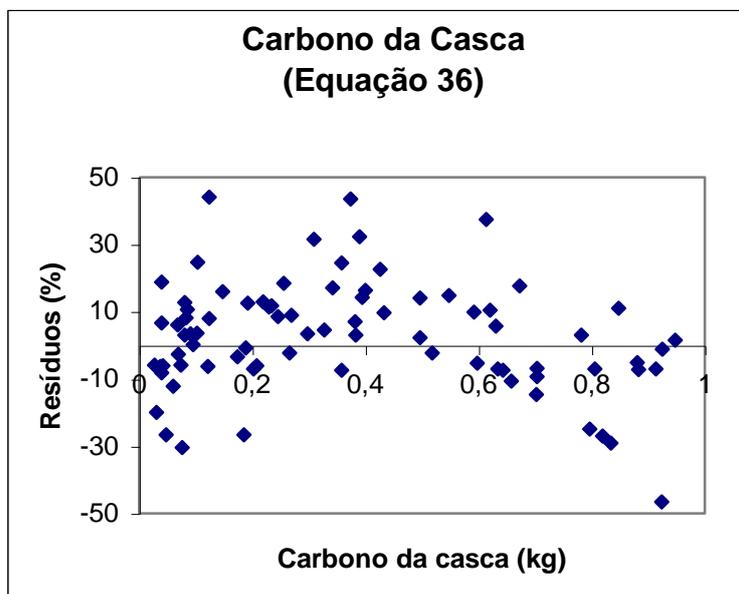


Figura 36 Distribuição dos resíduos em função do carbono da casca para a equação 36, ($Y = 35,942 * VS_1^{1,030} * H_T^{0,937}$).

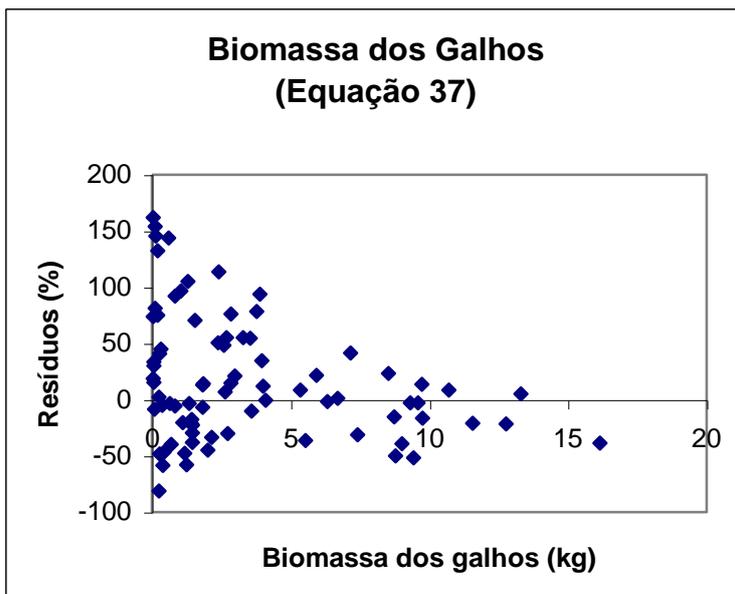


Figura 37 Distribuição dos resíduos em função da biomassa dos galhos para a equação 37, ($Y = 735993,958 * VS_1^{2,007} * H_T^{0,305}$).

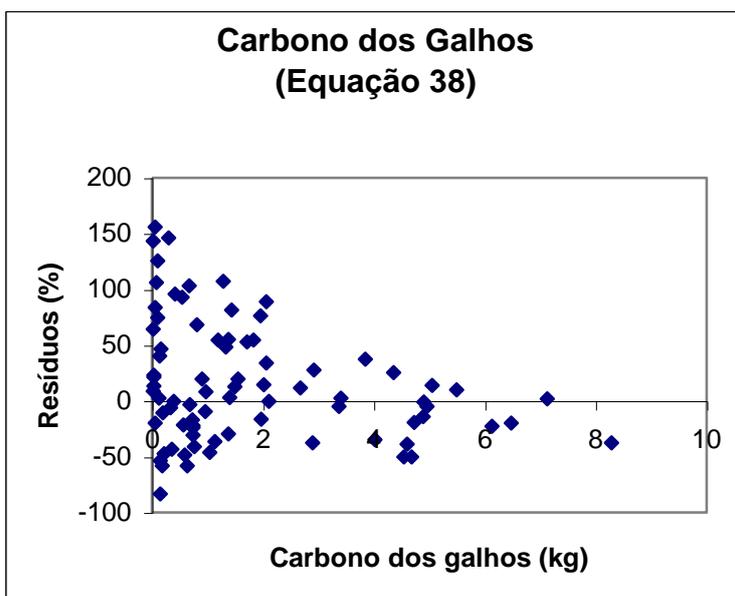


Figura 38 Distribuição dos resíduos em função do carbono dos galhos para a equação 38, ($Y = 378130,291 * VS_1^{2,023} * H_T^{0,347}$).

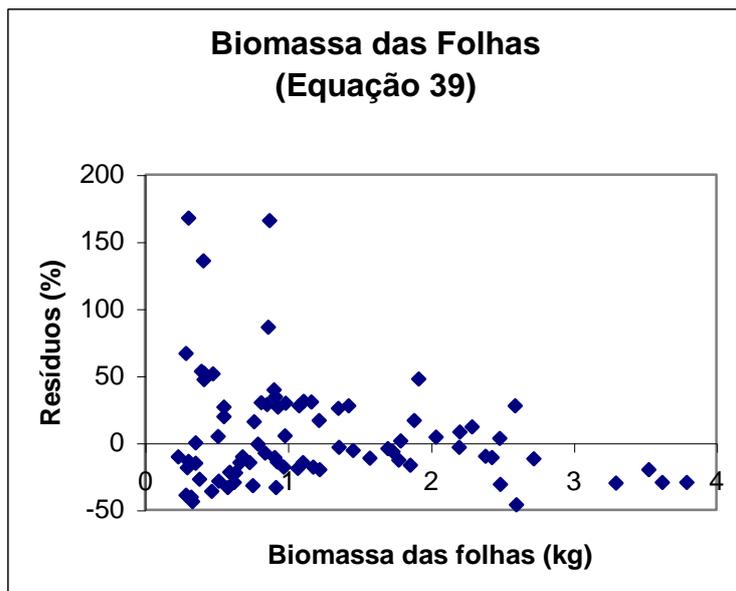


Figura 39 Distribuição dos resíduos em função da biomassa das folhas para a equação 39, ($Y = 209518,294 * VS_1^{1,446} * H_T^{-1,066}$).

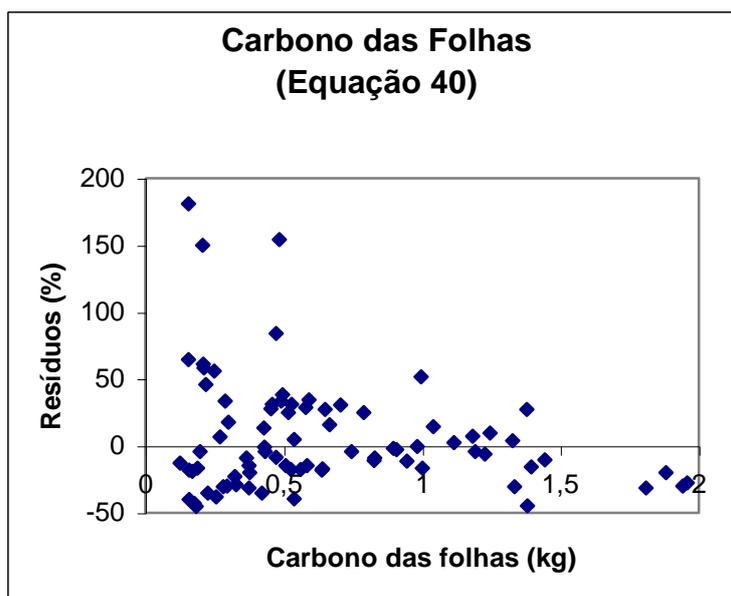


Figura 40 Distribuição dos resíduos em função do carbono das folhas para a equação 40, ($Y = 68049,553 * VS_1^{1,409} * H_T^{-0,955}$).

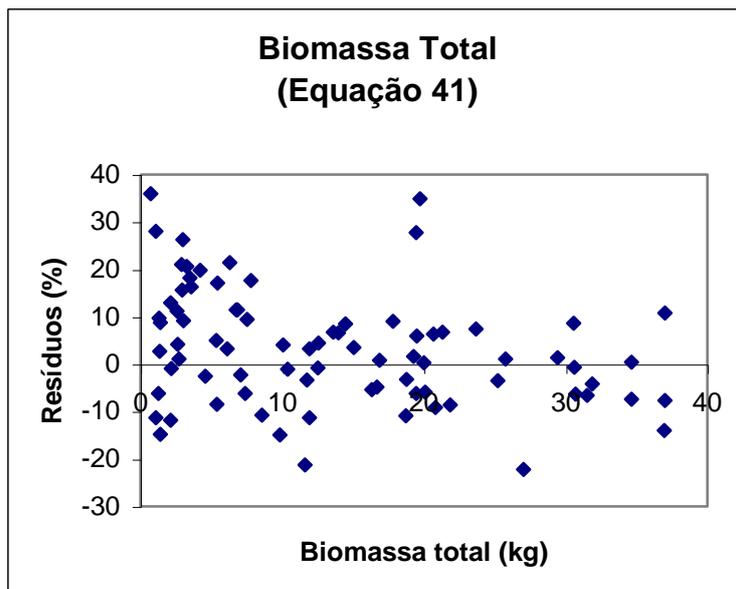


Figura 41 Distribuição dos resíduos em função da biomassa total para a equação 41, ($Y = 190223,559 * VS_1^{1,434} * H_F^{-0,072}$).

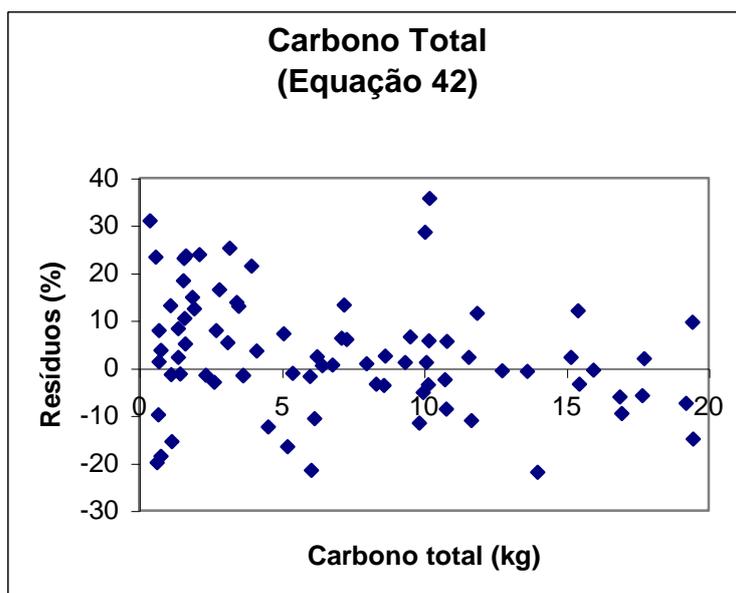


Figura 42 Distribuição dos resíduos em função do carbono total para a equação 42, ($Y = 96656,549 * VS_1^{1,433} * H_F^{-0,063}$).

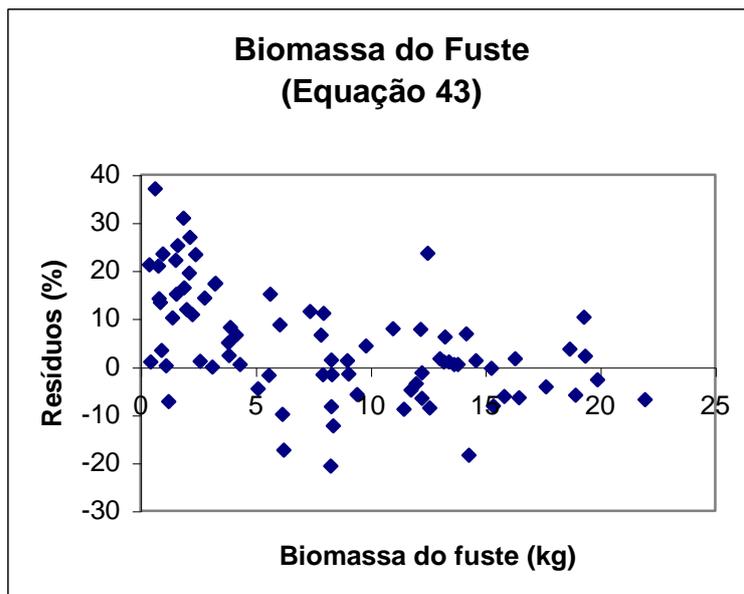


Figura 43 Distribuição dos resíduos em função da biomassa do fuste para a equação 43, ($Y = 5530,295 * V S_1^{1,156} * H_F^{0,602}$).

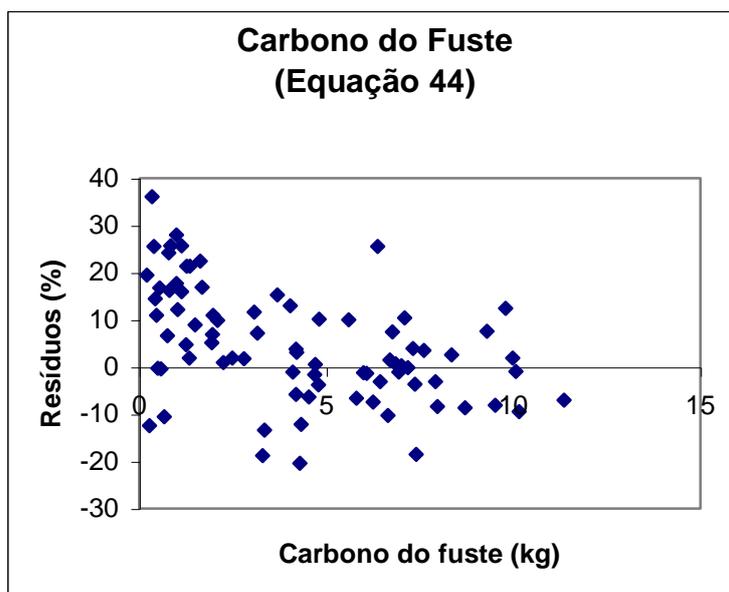


Figura 44 Distribuição dos resíduos em função do carbono do fuste para a equação 44, ($Y = 2690,266 * V S_1^{1,148} * H_F^{0,608}$).

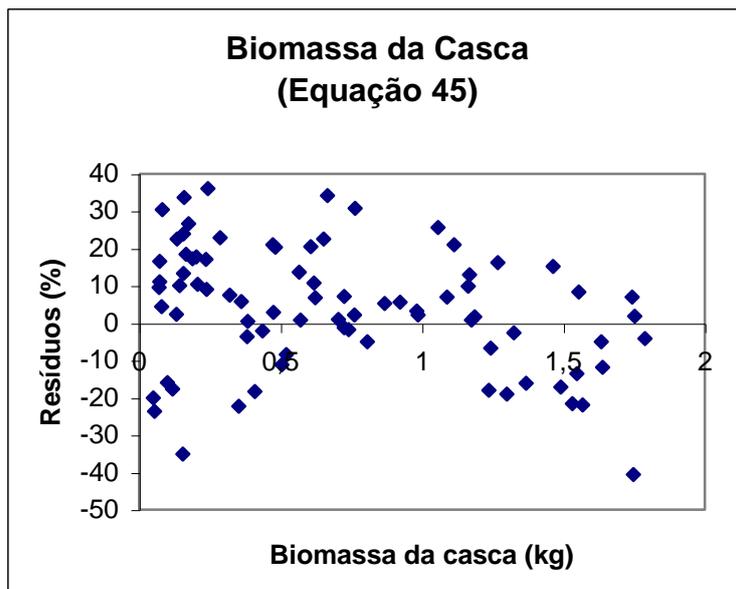


Figura 45 Distribuição dos resíduos em função da biomassa da casca para a equação 45, ($Y = 446,734 * VS_1^{1,149} * H_F^{0,619}$).

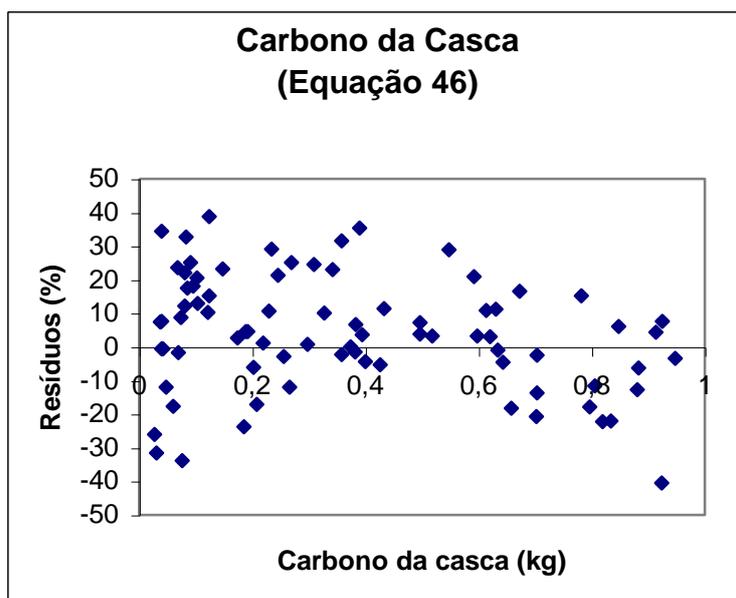


Figura 46 Distribuição dos resíduos em função do carbono da casca para a equação 46, ($Y = 267,988 * V S_1^{1,172} * H_F^{0,629}$).

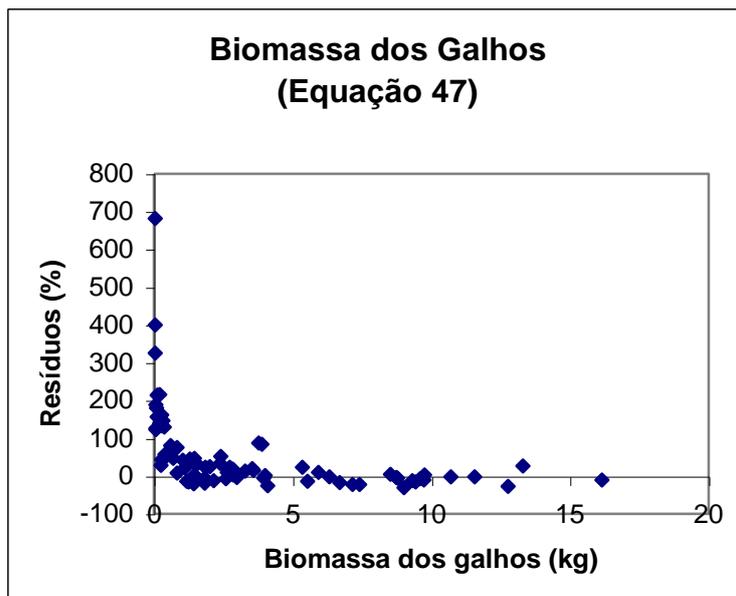


Figura 47 Distribuição dos resíduos em função da biomassa dos galhos para a equação 47, ($Y = 51523800 * VS_1^{2,107} * H_F^{-1,529}$).

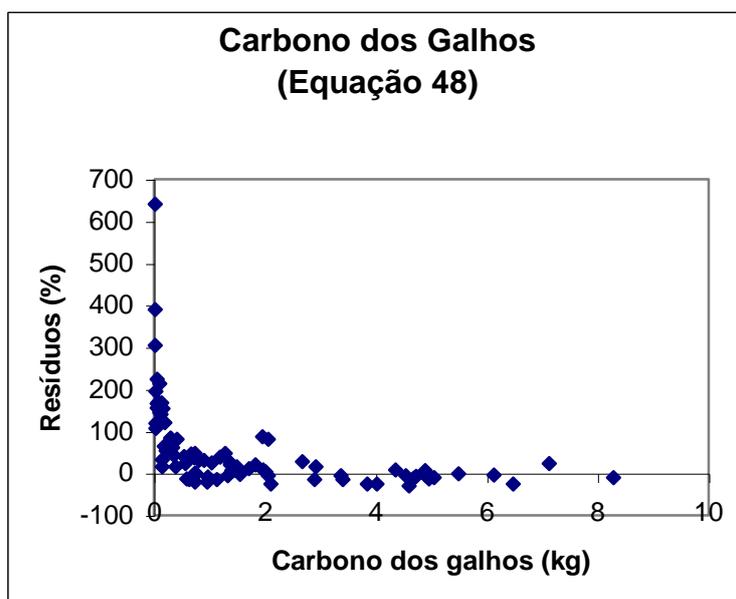


Figura 48 Distribuição dos resíduos em função do carbono dos galhos para a equação 48, ($Y = 29146400 * VS_1^{2,124} * H_F^{-1,519}$).

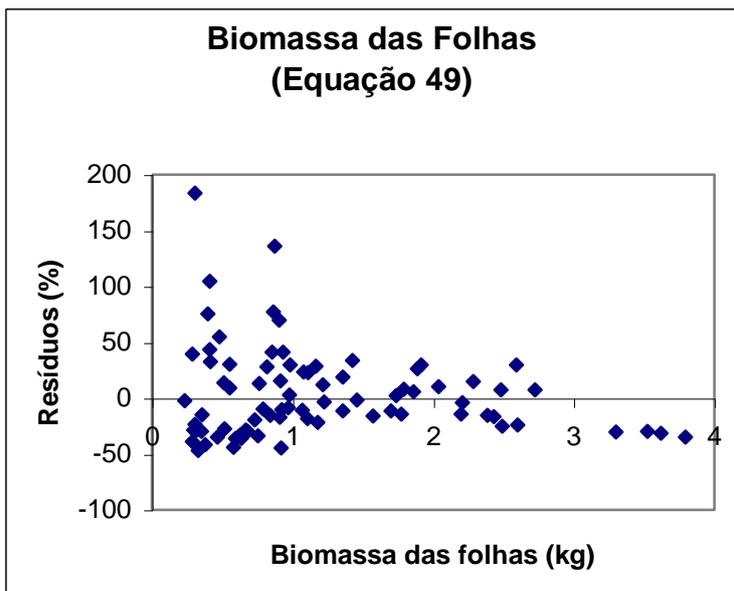


Figura 49 Distribuição dos resíduos em função da biomassa das folhas para a equação 49, ($Y = 13418,256 * VS_1^{1,251} * H_F^{-0,585}$).

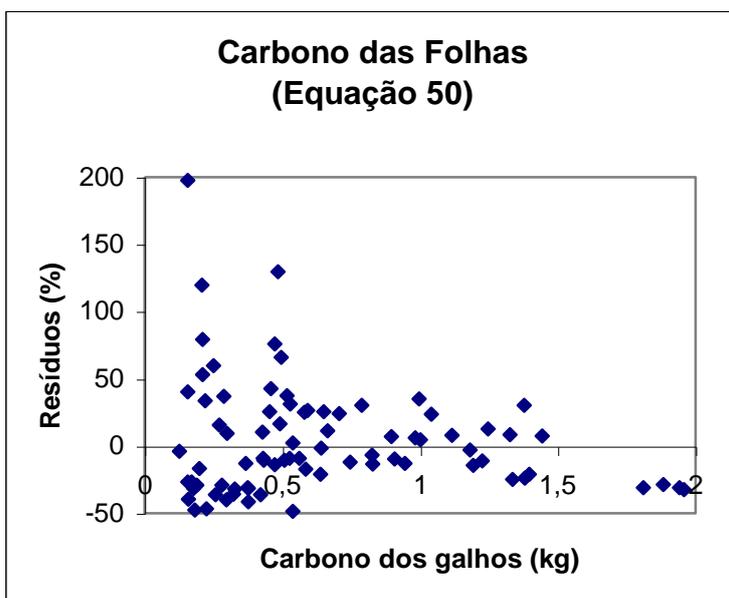


Figura 50 Distribuição dos resíduos em função do carbono das folhas para a equação 50, ($Y = 6171,504 * VS_1^{1,238} * H_F^{-0,543}$).

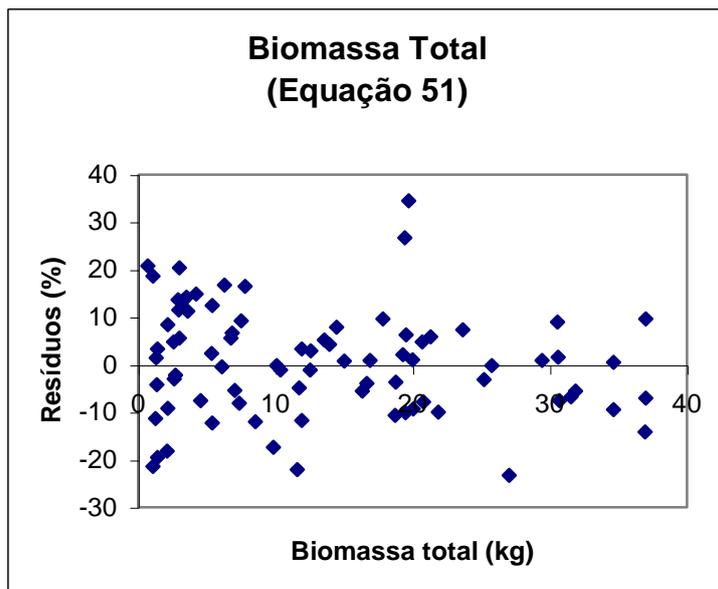


Figura 51 Distribuição dos resíduos em função da biomassa total para a equação 51, ($\ln Y = 12,081 + 1,445 * \ln VS_1$).

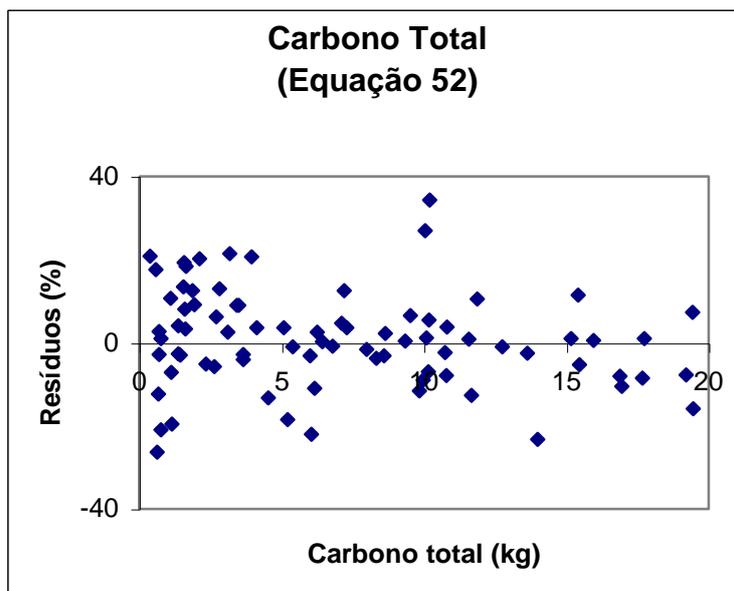


Figura 52 Distribuição dos resíduos em função do carbono total para a equação 52, ($\ln Y = 11,329 + 1,430 * \ln VS_1$).

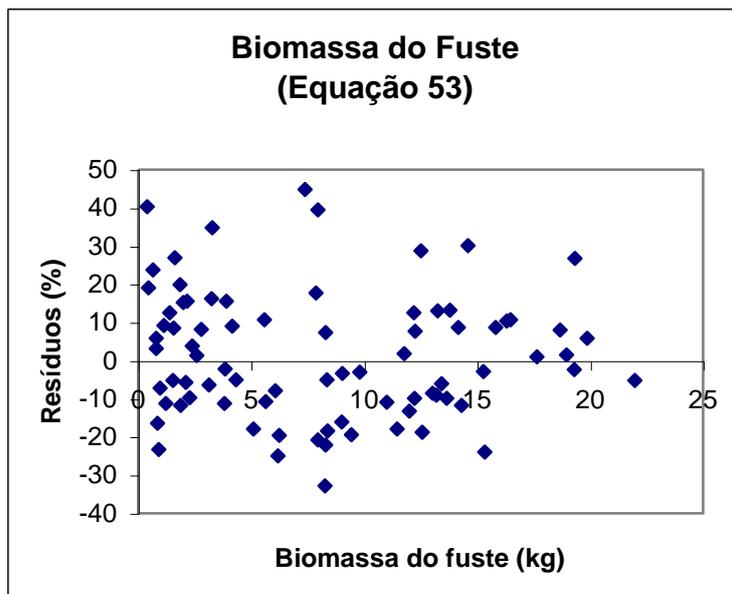


Figura 53 Distribuição dos resíduos em função da biomassa do fuste para a equação 53, ($\ln Y = 11,472 + 1,427 * \ln VS_1$).

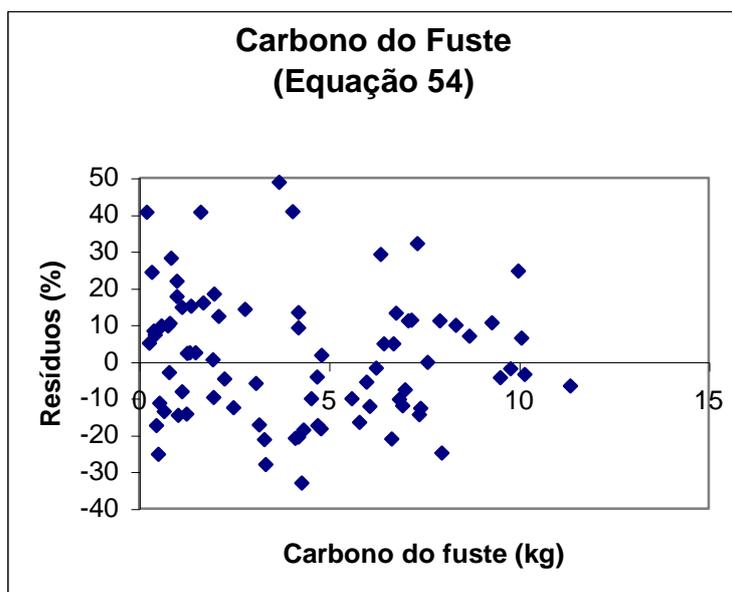


Figura 54 Distribuição dos resíduos em função do carbono do fuste para a equação 54, ($\ln Y = 10,697 + 1,410 * \ln VS_1$).

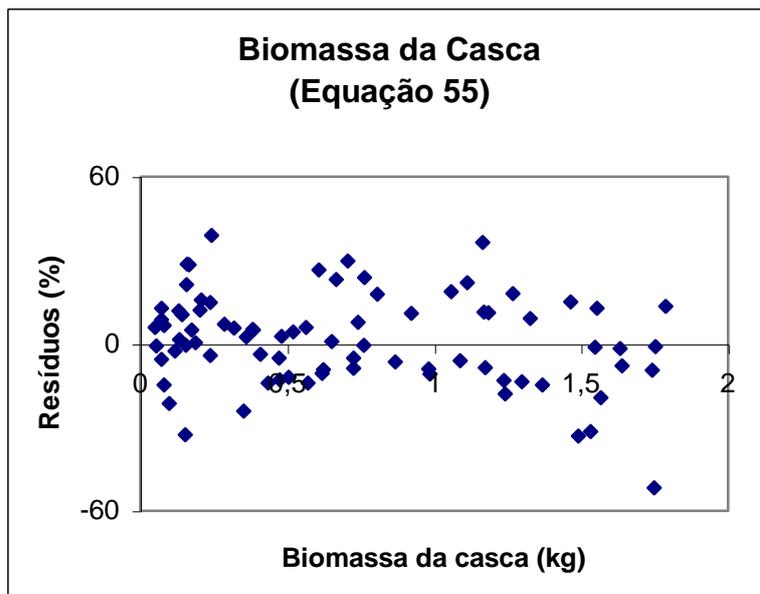


Figura 55 Distribuição dos resíduos em função da biomassa da casca para a equação 55, ($\text{Ln}Y = 8,620 + 1,365 * \text{LnVS}_1$).

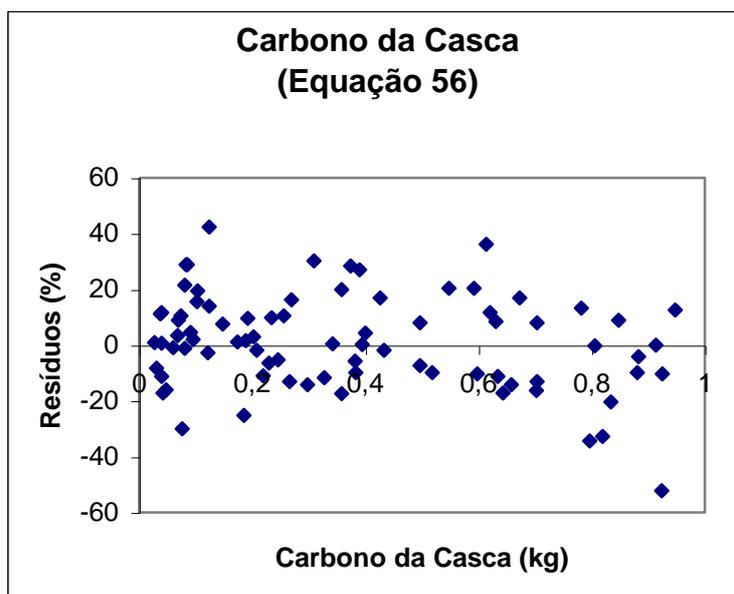


Figura 56 Distribuição dos resíduos em função do carbono da casca para a equação 56, ($\text{Ln}Y = 8,044 + 1,376 * \text{LnVS}_1$).

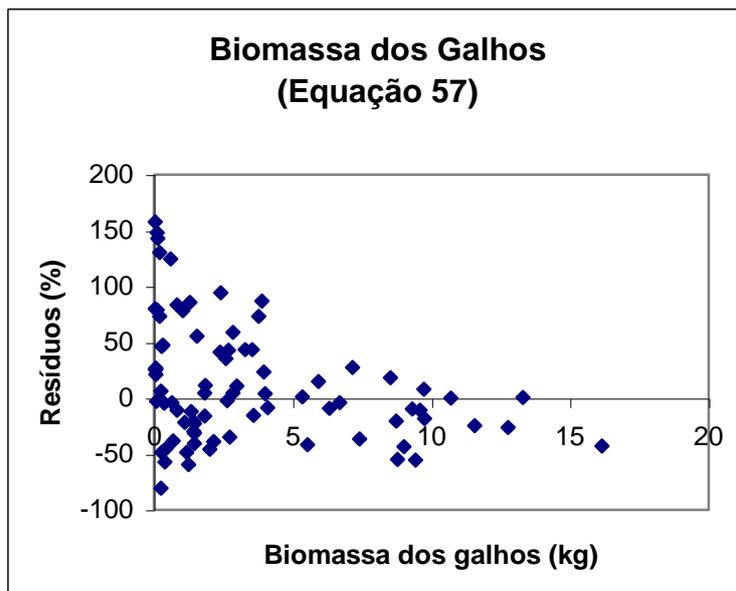


Figura 57 Distribuição dos resíduos em função da biomassa dos galhos para a equação 57, ($\text{Ln}Y = 14,677 + 2,084 * \text{LnVS}_1$).

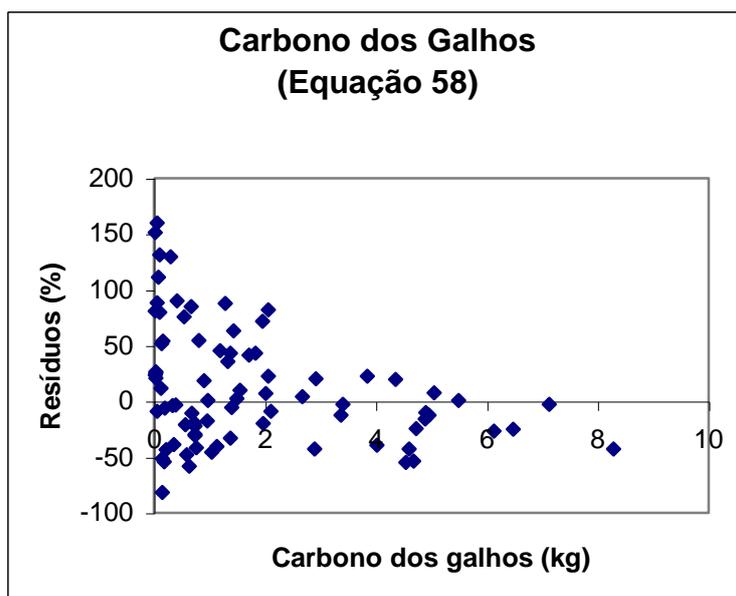


Figura 58 Distribuição dos resíduos em função do carbono dos galhos para a equação 58, ($\text{Ln}Y = 14,040 + 2,088 * \text{LnVS}_1$).

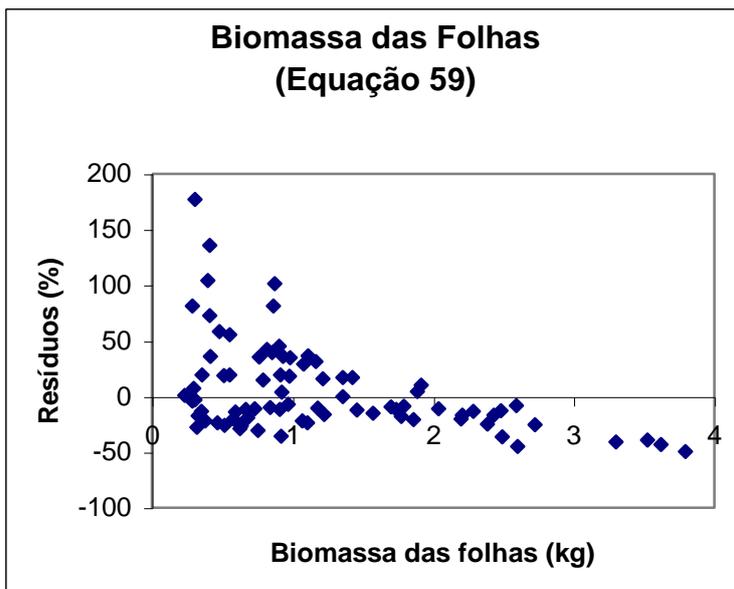


Figura 59 Distribuição dos resíduos em função da biomassa das folhas para a equação 59, ($\ln Y = 5,916 + 0,871 * \ln VS_1$).

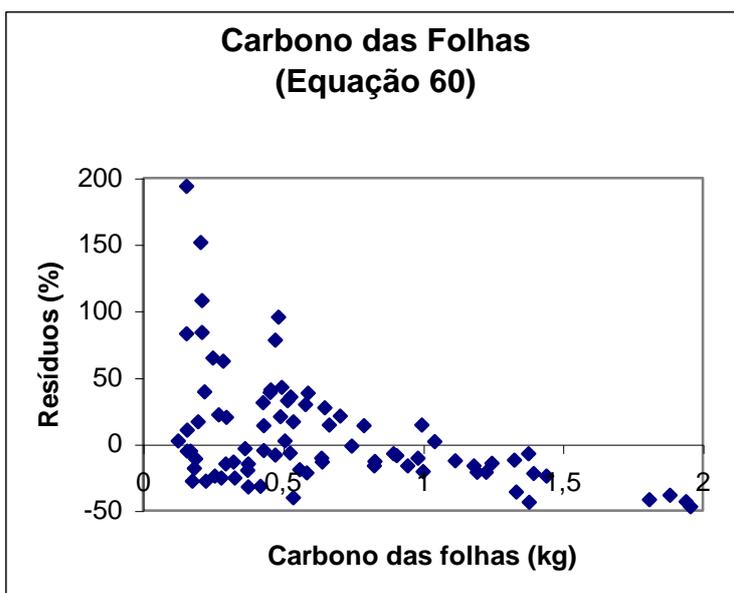


Figura 60 Distribuição dos resíduos em função do carbono das folhas para a equação 60, ($\ln Y = 5,248 + 0,863 * \ln VS_1$).

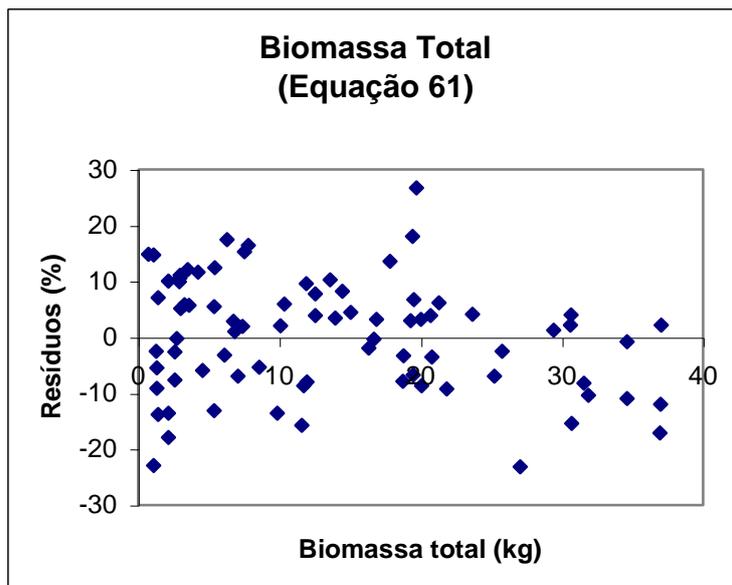


Figura 61 Distribuição dos resíduos em função da biomassa total para a equação 61, ($\ln Y = 9,934 + 1,273 * \ln VS_1 + 0,430 * \ln H_T$).

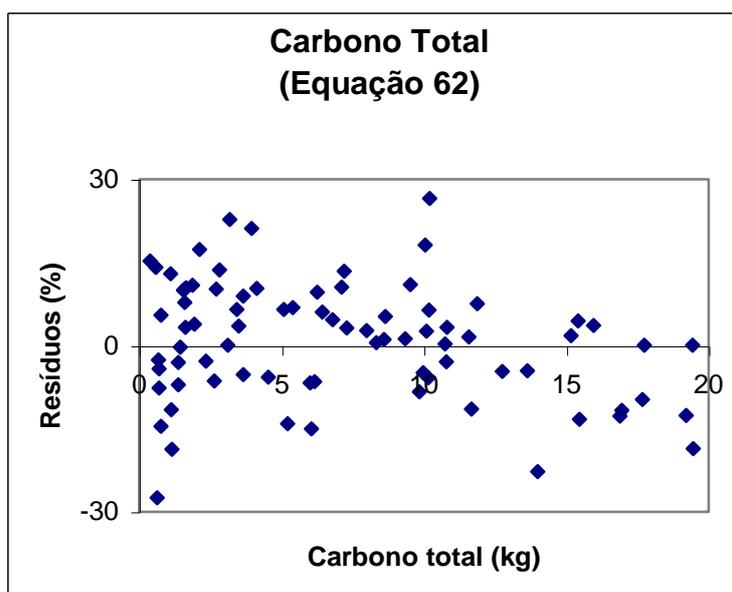


Figura 62 Distribuição dos resíduos em função do carbono total para a equação 62, ($\ln Y = 9,053 + 1,247 * \ln VS_1 + 0,456 * \ln H_T$).

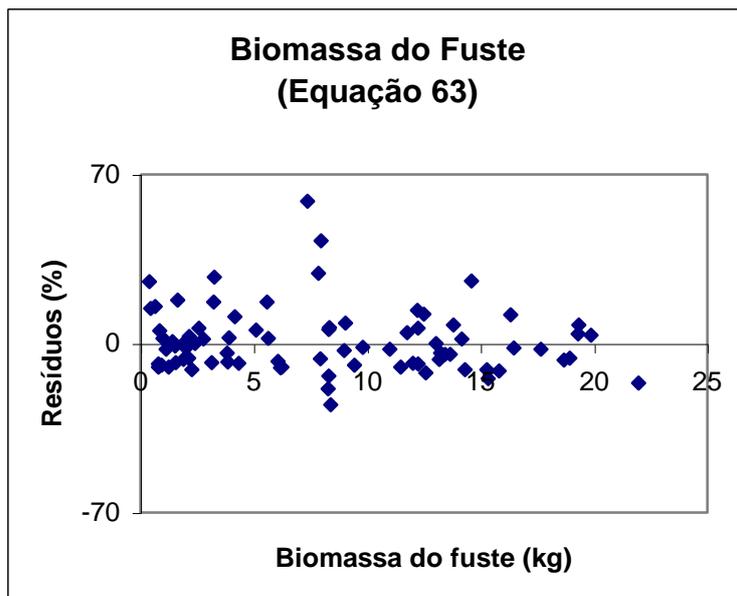


Figura 63 Distribuição dos resíduos em função da biomassa do fuste para a equação 63, ($\text{Ln}Y = 6,379 + 1,018 * \text{Ln}VS_1 + 1,020 * \text{Ln}H_T$).

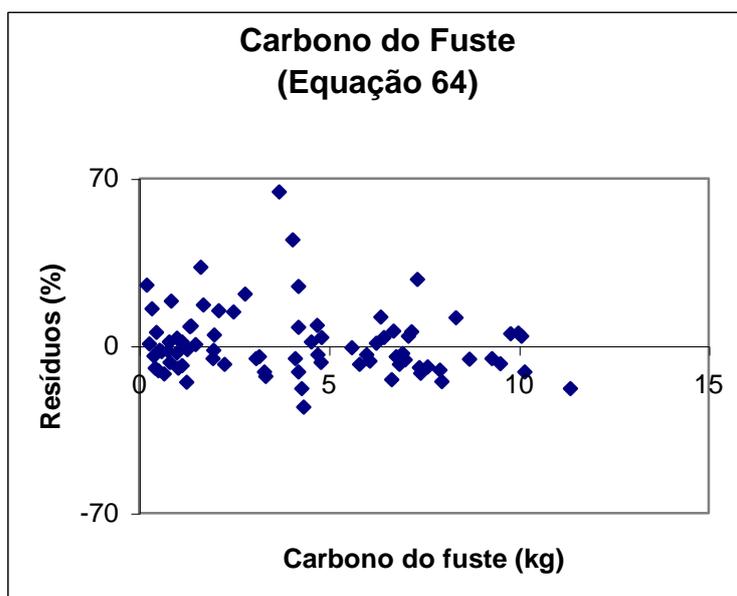


Figura 64 Distribuição dos resíduos em função do carbono do fuste para a equação 64, ($\text{Ln}Y = 5,345 + 0,980 * \text{Ln}VS_1 - 1,072 * \text{Ln}H_T$).

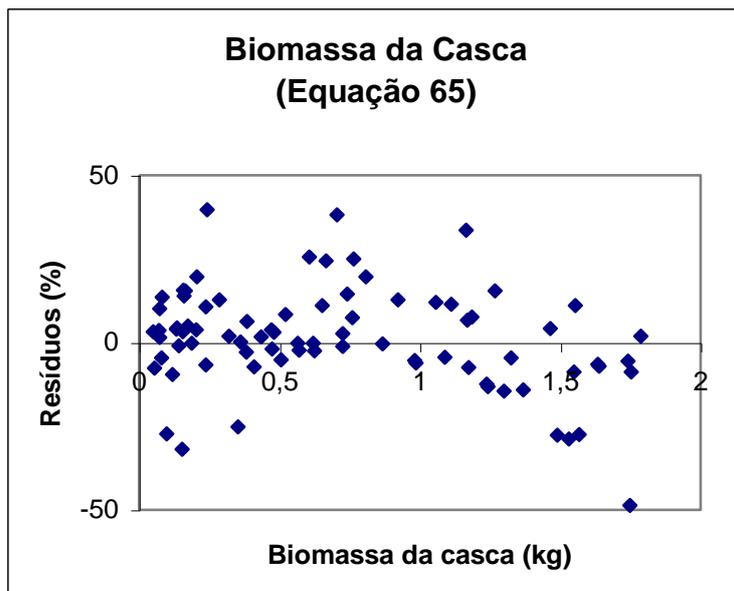


Figura 65 Distribuição dos resíduos em função da biomassa da casca para a equação 65, ($\text{Ln}Y = 5,246 + 1,094 * \text{Ln}VS_1 + 0,676 * \text{Ln}H_T$).

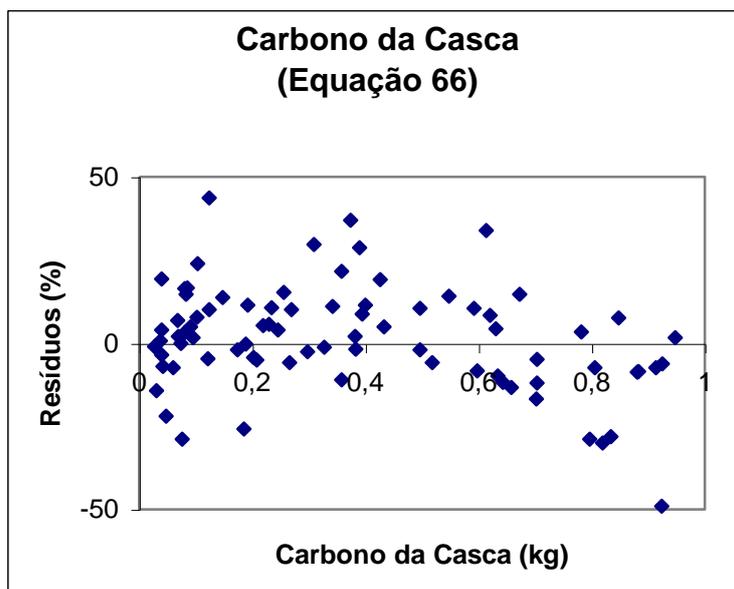


Figura 66 Distribuição dos resíduos em função do carbono da casca para a equação 66, ($\text{Ln}Y = 4,714 + 1,108 * \text{Ln}VS_1 + 0,667 * \text{Ln}H_T$).

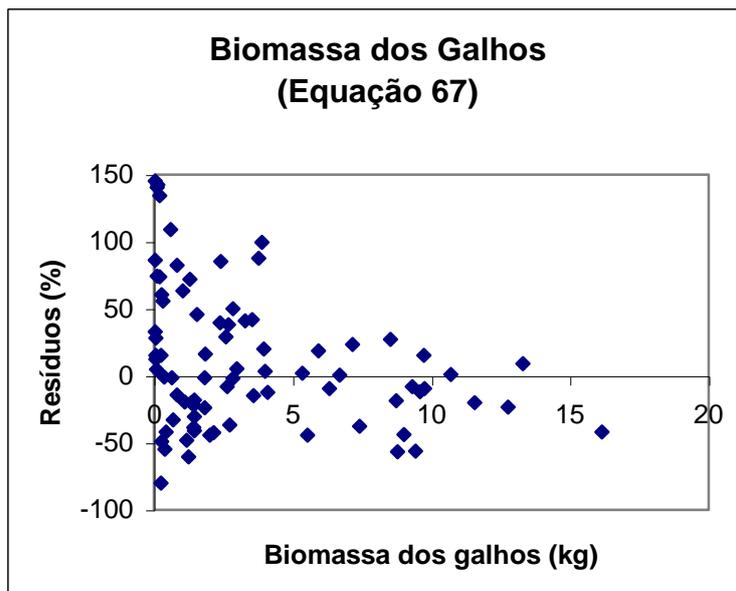


Figura 67 Distribuição dos resíduos em função da biomassa dos galhos para a equação 67, ($\text{Ln}Y = 17,263 + 2,292 * \text{LnVS}_1 - 0,518 * \text{LnH}_T$).

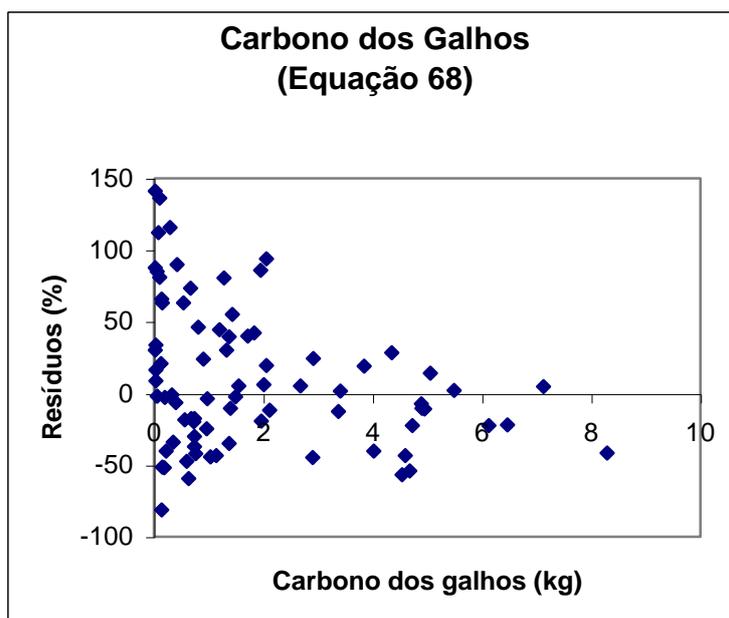


Figura 68 Distribuição dos resíduos em função do carbono dos galhos para a equação 68, ($\text{Ln}Y = 16,385 + 2,276 * \text{LnVS}_1 - 0,470 * \text{LnH}_T$).

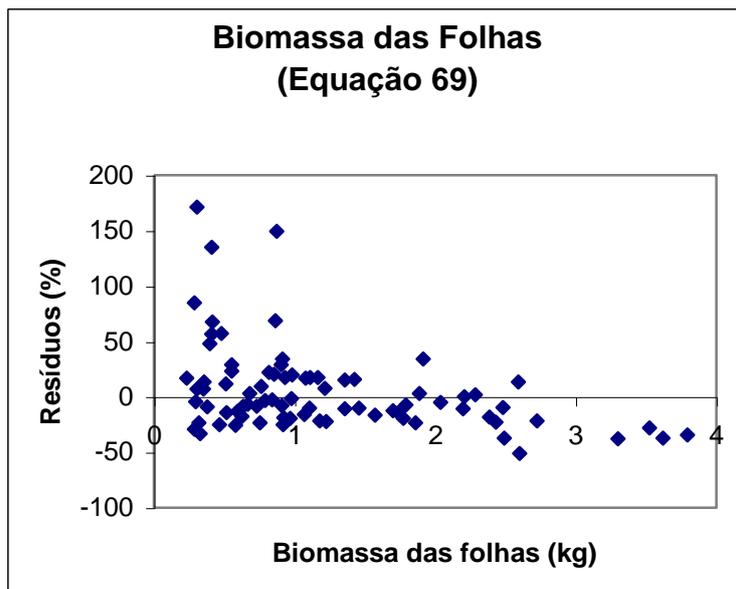


Figura 69 Distribuição dos resíduos em função da biomassa das folhas para a equação 69, ($\ln Y = 12,524 + 1,401 * \ln VS_1 - 1,324 * \ln H_T$).

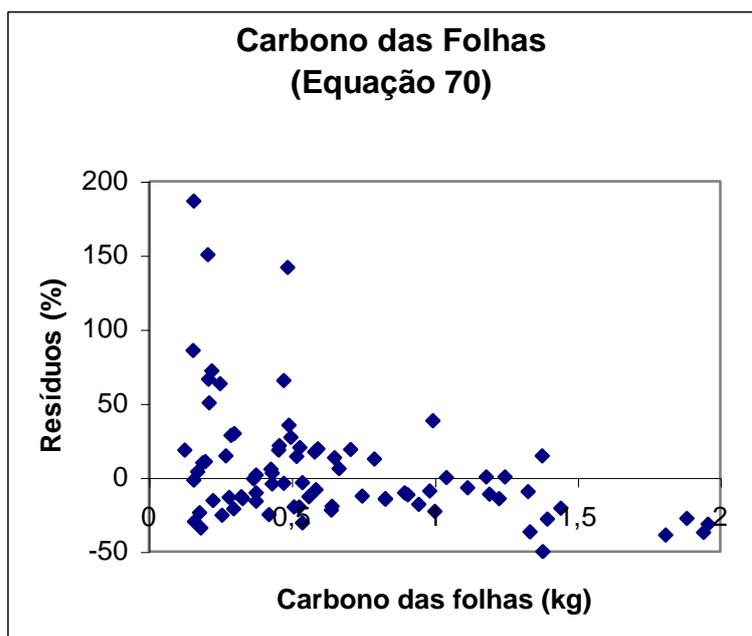


Figura 70 Distribuição dos resíduos em função do carbono das folhas para a equação 70, ($\ln Y = 11,850 + 1,393 * \ln VS_1 - 1,322 * \ln H_T$).

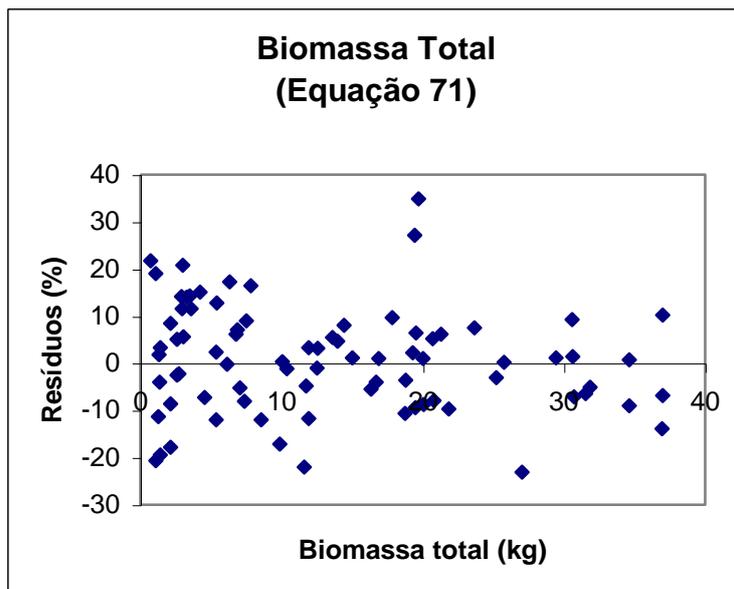


Figura 71 Distribuição dos resíduos em função da biomassa total para a equação 71, ($\ln Y = 12,121 + 1,448 * \ln VS_1 - 0,010 * \ln H_F$).

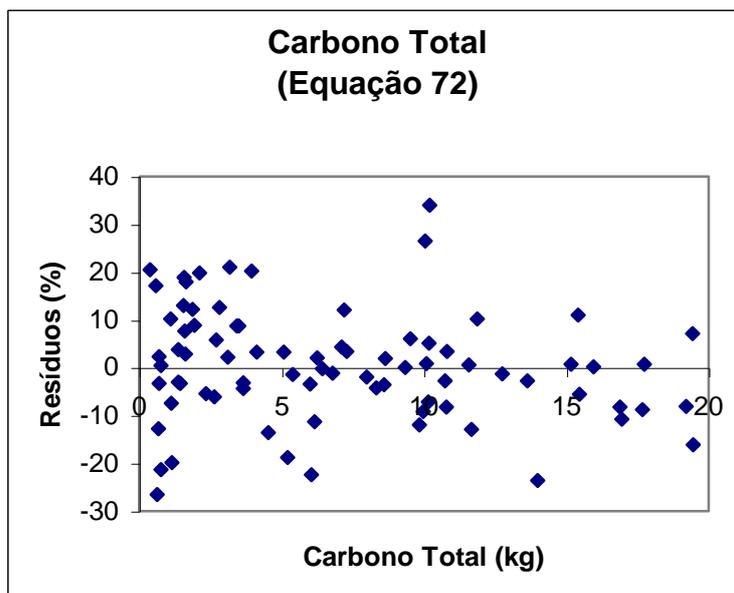


Figura 72 Distribuição dos resíduos em função do carbono total para a equação 72, ($\ln Y = 11,336 + 1,431 * \ln VS_1 - 0,002 * \ln H_F$).

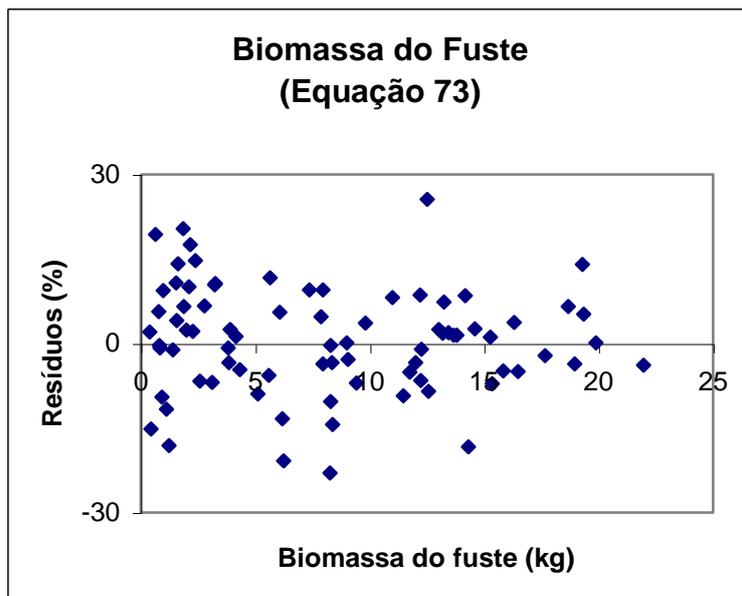


Figura 73 Distribuição dos resíduos em função da biomassa do fuste para a equação 73, ($\ln Y = 8,946 + 1,218 * \ln VS_1 + 0,636 * \ln H_F$),

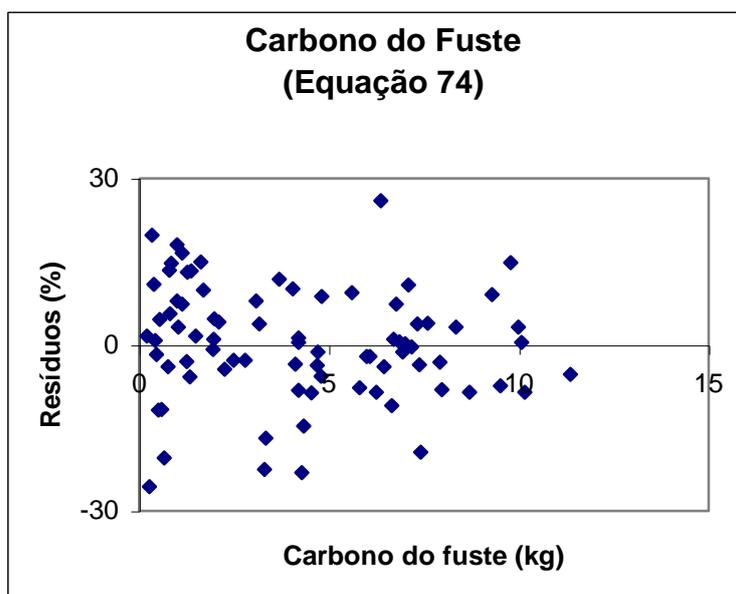


Figura 74 Distribuição dos resíduos em função do carbono do fuste para a equação 74, ($\ln Y = 8,132 + 1,198 * \ln VS_1 + 0,646 * \ln H_F$).

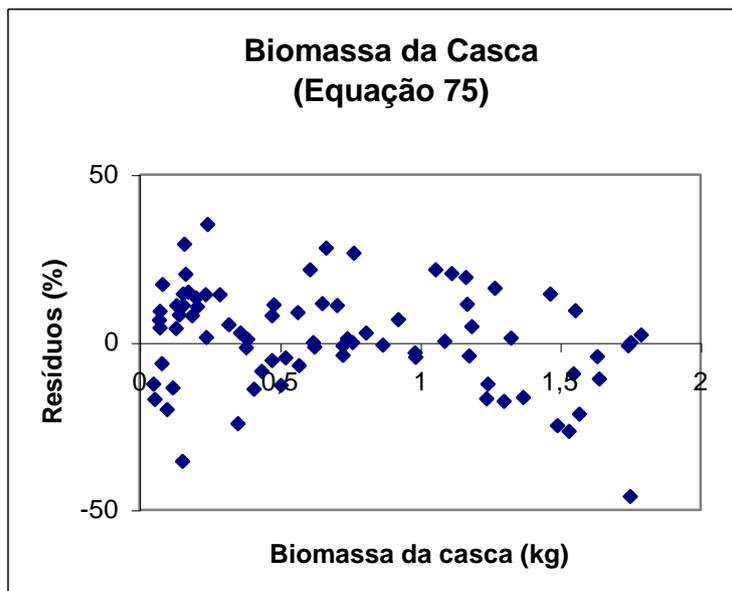


Figura 75 Distribuição dos resíduos em função da biomassa da casca para a equação 75, ($\ln Y = 7,184 + 1,246 * \ln VS_1 + 0,362 * \ln H_F$).

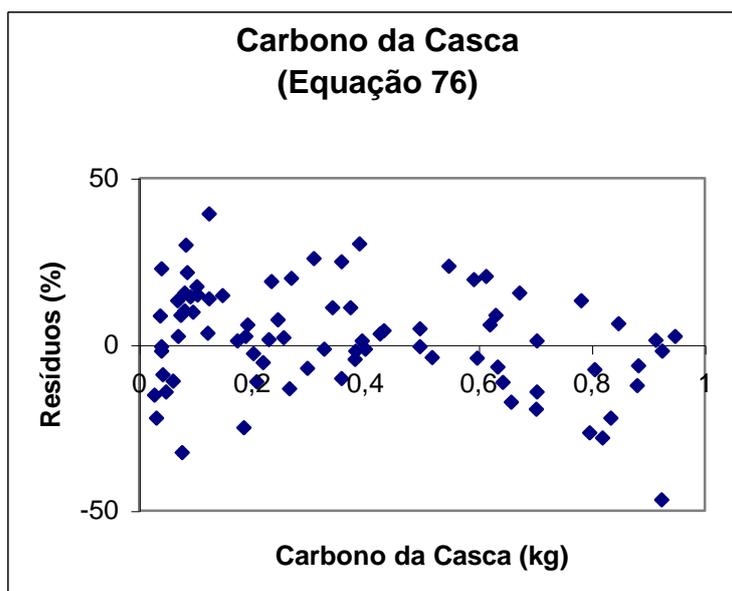


Figura 76 Distribuição dos resíduos em função do carbono da casca para a equação 76, ($\ln Y = 6,687 + 1,263 * \ln VS_1 + 0,342 * \ln H_F$).

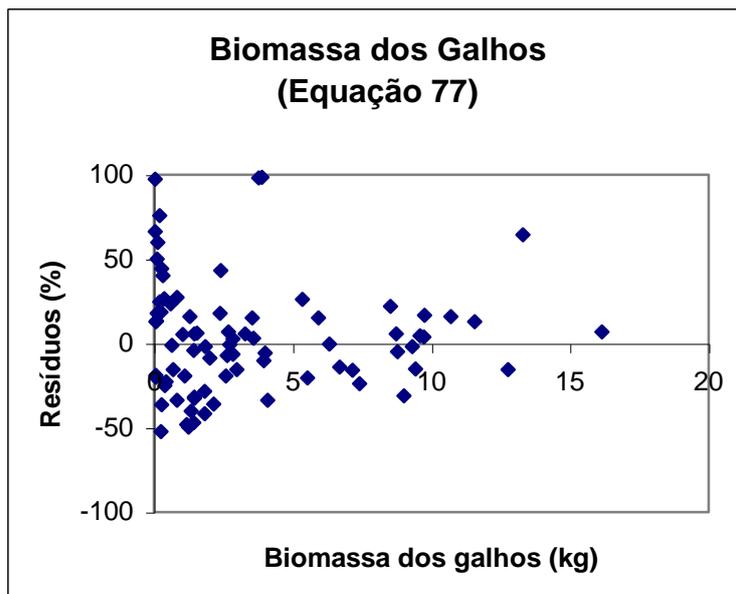


Figura 77 Distribuição dos resíduos em função da biomassa dos galhos para a equação 77, ($\text{Ln}Y = 21,392 + 2,640 * \text{Ln}VS_1 - 1,691 * \text{Ln}H_F$).

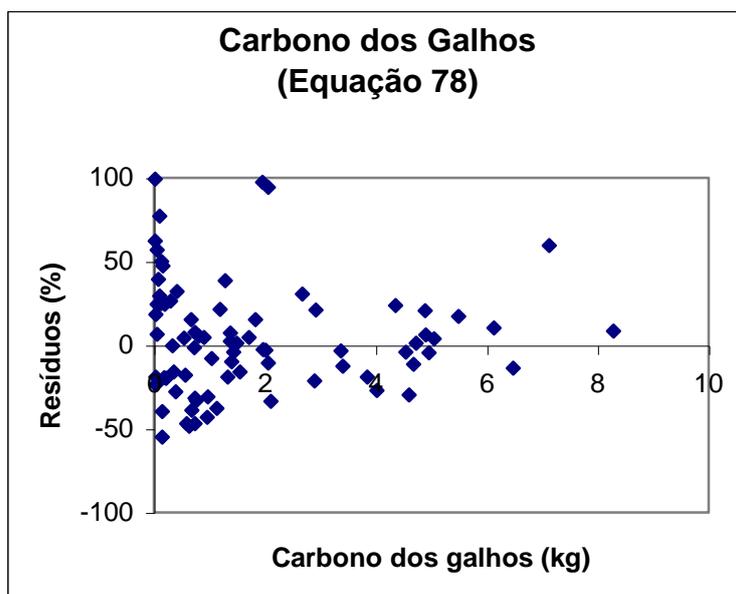


Figura 78 Distribuição dos resíduos em função do carbono dos galhos para a equação 78, ($\text{Ln}Y = 20,794 + 2,647 * \text{Ln}VS_1 - 1,700 * \text{Ln}H_F$).

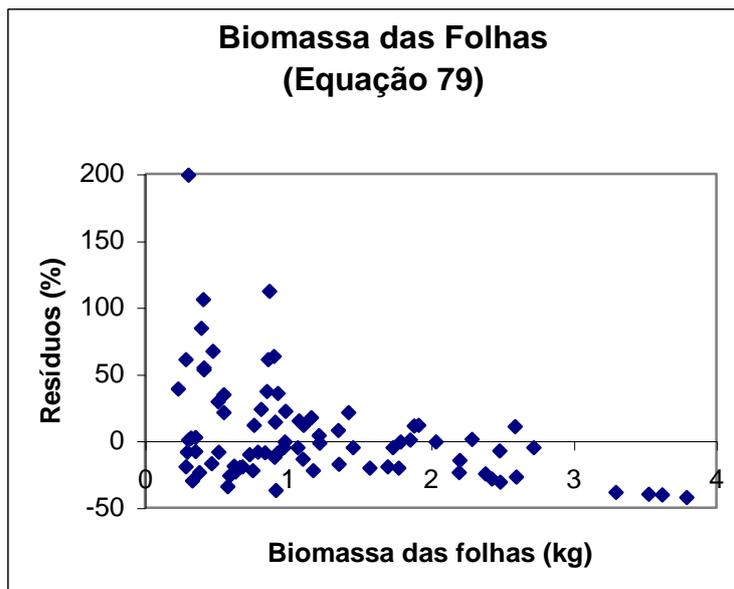


Figura 79 Distribuição dos resíduos em função da biomassa das folhas para a equação 79, ($\text{Ln}Y = 8,445 + 1,080 * \text{Ln}VS_1 - 0,637 * \text{Ln}H_F$).

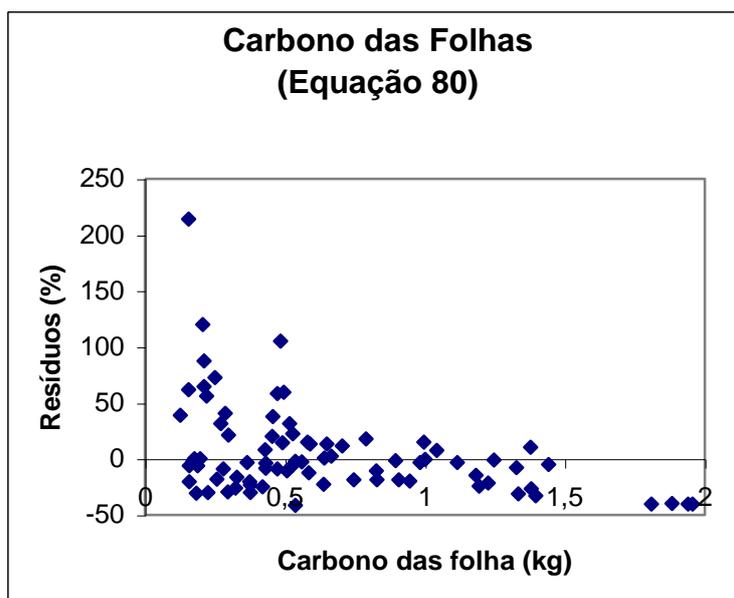


Figura 80 Distribuição dos resíduos em função do carbono das folhas para a equação 80, ($\text{Ln}Y = 7,707 + 1,067 * \text{Ln}VS_1 + 0,619 * \text{Ln}H_F$).