

**FRANCISCO TARCÍSIO ALVES JUNIOR**

**ESTRUTURA, BIOMASSA E VOLUMETRIA DE UMA ÁREA DE CAATINGA,  
FLORESTA-PE**

**RECIFE  
Pernambuco – Brasil  
Dezembro – 2010**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS



**ESTRUTURA, BIOMASSA E VOLUMETRIA DE UMA ÁREA DE CAATINGA,  
FLORESTA-PE**

**FRANCISCO TARCÍSIO ALVES JUNIOR**

RECIFE  
Pernambuco – Brasil  
Dezembro – 2010

**FRANCISCO TARCÍSIO ALVES JUNIOR**

**ESTRUTURA, BIOMASSA E VOLUMETRIA DE UMA ÁREA DE CAATINGA,  
FLORESTA-PE**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências Florestais, Área de Concentração: Manejo Florestal.

**ORIENTADOR:**

Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira

**CO-ORIENTADORES:**

Prof. Ph.D. José Antônio Aleixo da Silva

Prof. Dr. Luiz Carlos Marangon

**RECIFE**  
**Pernambuco – Brasil**  
**Dezembro – 2010**

### Ficha Catalográfica

A474e      Alves Junior, Francisco Tarcísio  
              Estrutura, biomassa e volumetria de uma área de  
              caatinga, Floresta - PE / Francisco Tarcísio Alves Junior. –  
              2010.  
              123 f. : il.

              Orientador: Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira.  
              Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade  
              Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência  
              Florestal, Recife, 2010.  
              Inclui anexo, apêndice e referências.

              1. Regeneração natural  
              2. Análise multivariada  
              3. Savana estépica  
              4. Caatinga  
              I. Ferreira, Rinaldo Luiz Caraciolo, Orientador  
              II. Título

              CDD 634.9

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que seja para fins acadêmicos ou científicos, e citada a fonte – O autor”**

FRANCISCO TARCÍSIO ALVES JUNIOR

ESTRUTURA, BIOMASSA E VOLUMETRIA DE UMA ÁREA DE CAATINGA,  
FLORESTA-PE

Data: 07/12/2010

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira  
(Orientador- Departamento de Ciência Florestal/UFRPE)

---

Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva  
(Departamento de Engenharia Florestal/UFES)

---

Prof. Dr. Mário de Andrade Lira Júnior  
(Departamento de Agronomia/UFRPE)

---

Profa. Dra. Maria Jesus Nogueira Rodal  
(Departamento de Biologia/UFRPE)

---

Prof. Dr. Tadeu Jankovski  
(Departamento de Ciência Florestal/UFRPE)

RECIFE  
Pernambuco – Brasil  
Dezembro – 2010

*"... O crédito cabe àquele que está na arena, com o rosto coberto de poeira, suor e sangue; àquele que luta com valentia, àquele que erra e falha vez após vez, àquele que conhece o grande entusiasmo e devoção e se dedica a uma causa justa, àquele que na melhor das hipóteses conhece no final o triunfo de alcançar uma meta e na pior das hipóteses, se fracassar, pelo menos fracassa ao ousar grandiosamente para que seu lugar nunca seja ao lado daquelas frias e tímidas almas que não conhecem vitória nem derrota..."*

*(Theodore Roosevelt, 1910)*

Dedico esta tese ao meu pai Tacizo e  
minha mãe Laene, aos meus irmãos,  
Mácio, Tacialene e Thiago, e em  
especial, ao meu sobrinho Dante.

## **Agradecimentos**

Ao Programa do Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais da UFRPE pela oportunidade de realizar o curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministério da Educação (CAPES/MEC), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao CNPq pelo financiamento da pesquisa.

Agrimex S. A. por ceder a área para o experimento.

Ao professor Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira, pela confiança atribuída ao aceitar-me mais uma vez como seu orientado, pela sua orientação, seus ensinamentos e incentivos, contribuindo para meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Aos co-orientadores, professor Ph.D. José Antônio Aleixo da Silva e o professor Dr. Luiz Carlos Marangon, pelo incentivo e dedicação.

À todos os que fizeram partes da equipe na realização dos trabalhos de campo.

À Dra. Ângela Maria de Miranda Freitas pela identificação e confirmação das espécies.

Aos colegas do mestrado e doutorado pelo bom convívio.

Aos mateiros pela ajuda nas atividades de campo.

Aos setor de Transporte e aos motoristas da UFRPE.

A todos os meus amigos e àqueles que de alguma forma me deram o apoio necessário para chegar até aqui.

ALVES JUNIOR, FRANCISCO TARCÍSIO. Estrutura, biomassa e volumetria de uma área de caatinga, Floresta-PE. 2010. Orientador: Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira. Co-orientadores: José Antônio Aleixo da Silva e Luiz Caros Marangon

## RESUMO

Objetivou-se, neste estudo, analisar a estrutura das espécies lenhosas, adultas e regenerantes, estratificar a vegetação por meio de técnicas de análise multivariada, ajustar equações volumétricas e de biomassa verde para área de caatinga com importância madeireira, auxiliando com informação o manejo florestal sustentado desta formação. O inventário florestal foi realizado em uma área de cerca de 50 ha com vegetação de caatinga na fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Foram amostradas 40 parcelas de 20 x 20 m para os levantamentos dos indivíduos adultos, e no vértice superior direito (sentido sul-norte), com sub-parcela de 5 x 5 m para avaliação dos indivíduos regenerantes (8°30'37" S e 37°59'07" W). Foram mensurados e etiquetados todos os indivíduos com CAP (Circunferência a 1,3 m do solo)  $\geq 6$  cm para os indivíduos adultos, e regenerantes acima de 20 cm de altura. Foram cubadas árvores para a determinação de volume e biomassa. Foram calculadas estimativas de parâmetros fitossociológicos, estrutura diamétrica, estratos, índices de diversidades, distribuição espacial, e ajustes de equações de biomassa e volume. O Índice de Diversidade de Shannon-Winner ( $H'$ ) foi 2,01 nats.ind<sup>-1</sup> para adultos e de 1,91 nats.ind.<sup>-1</sup> para regeneração. Estimativa de densidade foi de 1.403,75 ind.ha<sup>-1</sup> e área basal de 5,84 m<sup>2</sup>.ha. A espécie *Poincianella bracteosa* apresentou-se como dominante na área de estudo, destacando-se em número de indivíduos, área basal e volume de madeira. O DAP da vegetação variou de 1,91 a 31,19 cm, havendo uma concentração de 85,44% nas quatro primeiras classes diamétricas. Nem todas as espécies apresentam recrutamento de indivíduos regenerantes de forma contínua na área de caatinga em estudo. As espécies *Bauhinia cheilanta* e *Poincianella bracteosa* se demonstraram estabilizadas ao local, e possivelmente, tende a estar presentes entre as espécies dominantes do estrato adulto futuro. Com a aplicação da análise de agrupamento foi possível a verificação da formação de grupos distintos. O maior volume de madeira da vegetação concentrou-se nos indivíduos de até 15 cm de DAP, em virtude das altas densidades nesta faixa de diâmetro. As equações apresentaram uma tendência a superestimação do volume e biomassa das árvores de menor diâmetro.

ALVES JUNIOR, FRANCISCO TARCÍSIO. Structure, biomass and volume of an area of vegetation caatinga, Floresta-PE. Adviser: Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira. Comitê: José Antônio Aleixo da Silva and Luiz Carlos Marangon.

## ABSTRACT

This study aimed to analyze the structure of woody species, adults and natural regeneration, stratify vegetation through of multivariate analysis, volume and biomass equations for area savanna vegetation (caatinga) in the municipality of Floresta-PE timber with importance, assisting with information for sustainable forest management of the training. The forest inventory was conducted in an area of about 50 ha of savanna vegetation (8°30'37" S and 37°59'07" W), municipality of Floresta-PE. We sampled 40 plots of 20 x 20 m for surveys of adults, a plot of 5 x 5 m for regenerating individuals. Were measured and tagged all individuals with CBH (circumference at 1.3 m above ground)  $\geq 6$  cm for adults and saplings above 20 cm in height. Trees were harvested for determination of volume and biomass. These data were calculated parameter estimates phytosociological, diameter structure, indices of diversity, spatial distribution, volume and biomass equations. The diversity index of Shannon-Winner ( $H'$ ) was 2.01 nats.ind<sup>-1</sup> for adults and 1.91 nats.ind.<sup>-1</sup> for regeneration. Estimated density was 1403.75 ind.ha<sup>-1</sup> and basal area of 5.84 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. The species *Poincianella bracteosa* appeared as dominant in the study area, especially in stem number, basal area and wood volume. The DBH (Diameter at breast height = 1.30 m) vegetation ranged from 1.91 to 31.19 cm, with a concentration of 85.44% in the first four diameter classes. Not all species have recruitment of individuals continuously from caatinga in the study. The species *Bauhinia cheilanta* and *Poincianella bracteosa* showed stabilized to the site, and possibly tends to be present among the dominant species of adult stratum future. With the application of cluster analysis was possible to verify the formation of distinct groups. The volume of wood vegetation focused on individuals 15 cm DBH, because of high densities in this range of diameter. The equations showed a tendency to overestimate the volume and biomass of trees of smaller diameter.

## LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1: Distribuição das fontes de energia da Matriz Energética Brasileira no período de 1940-2008, em Toneladas Equivalente em Petróleo – TEP.....	6
Figura 2: Fluxograma para elaboração de um Plano de Manejo Florestal.....	9
Figura 3: Médias históricas dos últimos 30 anos da temperatura e precipitação, de janeiro a dezembro, do município de Floresta-PE.....	16
Figura 4: Localização da Fazenda Itapemirim no município de Floresta-PE, área do inventário em vermelho.....	17
Figura 5: Desenho esquemático da disposição das parcelas em campo.....	18
Figura 6: Estrutura vertical dos indivíduos do inventário florestal de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE Em que: Classe I: $h > 2,42$ m; Classe II: $2,42 \leq h < 5,51$ m; Classe III: $h \geq 5,51$ m.....	38
Figura 7: Curvas de distribuição diamétrica, observada e estimada, de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	41
Figura 8: Curvas de distribuição diamétrica, observada e estimada, das espécies <i>Poincianella bracteosa</i> (Tul.) L.P. Queiroz (A), <i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. Ex Benth. (B), <i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. (C) <i>Myracrodum urundeuva</i> (Engl.) Fr. All. (D), <i>Cnidocolus quercifolius</i> Pohl (E) e <i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i> (Griseb. Altschul (F), em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	42
Figura 9: Número de indivíduos amostrados por classe de tamanho da regeneração natural em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: classe 1 = 20 – 50 cm; classe 2 = 51 – 100 cm; classe 3 = 101 – 150 cm; classe 4 = maior que 151 cm e menores que 6 cm de circunferência a altura do peito (CAP).....	46

Figura 10: Análise de componentes principais de variáveis dendrométricas da vegetação para as 40 parcelas amostrais, projeção no plano fatorial 1 x 2. (A) Círculo de autovetores das variáveis (N: número de indivíduos; FUST: número de fuste; S: número de espécie; DAP: DAP médio, m; H: altura média, m; G: área basal, m <sup>2</sup> ; V: volume, m <sup>3</sup> ). (B) Plano de dispersão das parcelas.....	49
Figura 11: Análise de componentes principais de variáveis dendrométricas da vegetação para as 40 parcelas amostrais, projeção no plano fatorial 1 x 3. (A) Círculo de autovetores das variáveis (N: número de indivíduos; FUST: número de fuste; S: número de espécie; DAP: DAP médio; H: altura média; G: área basal, m <sup>2</sup> ; V: volume, m <sup>3</sup> ). (B) Plano de dispersão das parcelas.....	50
Figura 12: Análise de componentes principais de variáveis dendrométricas da vegetação para as 40 parcelas amostrais, projeção no plano fatorial 2 x 3. (A) Círculo de autovetores das variáveis (N: número de indivíduos; FUST: número de fuste; S: número de espécie; DAP: DAP médio; H: altura média; G: área basal, m <sup>2</sup> ; V: volume, m <sup>3</sup> ). (B) Plano de dispersão das parcelas.....	51
Figura 13: Dendograma representando as sequência de agrupamento das 40 parcelas, obtidas pelo método de Ward, com base na distância euclidiana.....	52
Figura 14: Ordenamento dos agrupamentos com base nos planos 1,2 (A), 1,3 (B) e 2,3 (C).....	54
Figura 15: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar volume de árvores em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 3; B = equação 5; C = equação 7; D = equação 8; E = equação 9; F = equação 11. (*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.....	60

<p>Figura 16: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar biomassa verde de árvores em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A= equação 4; B= equação F= equação 11. (*) Modelos das equações, ver tabela 4.</p>	
<p>Resíduo das demais equações no apêndice.....</p>	63
<p>Figura 17: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar volume de árvores do grupo A em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 3; B = equação 5; C = equação 9; D = equação 10; E = equação 11; F = equação 12. (*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.....</p>	67
<p>Figura 18: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar volume de árvores do grupo B em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 3; B = equação 4; C = equação 5; D = equação 8; E = equação 9; F = equação 10. (*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.....</p>	70
<p>Figura 19: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar volume de árvores do grupo C em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 2; B = equação 3; C = equação 4; D = equação 5; E = equação 9; F = equação 11. (*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.....</p>	73

<p>Figura 20: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar volume de árvores do grupo M em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 5; B = equação 8; C = equação 9; D = equação 10; E = equação 11; F = equação 12. (*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.....</p>	76
<p>Figura 21: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar biomassa verde de árvores do grupo A em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 3; B = equação 4; C = equação 5; D = equação 6; E = equação 9; F = equação 10. (*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.....</p>	79
<p>Figura 22: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar biomassa verde de árvores do grupo B em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 3; B = equação 4; C = equação 5; D = equação 8; E = equação 9; F = equação 10. (*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.....</p>	82
<p>Figura 23: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar biomassa verde de árvores do grupo C em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 2; B = equação 4; C = equação 5; D = equação 6; E = equação 9; F = equação 11. (*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.....</p>	85

<p>Figura 24: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar biomassa verde de árvores do grupo M em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 3; B = equação 5; C = equação 7; D = equação 8; E = equação 9; F = equação 10. (*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.....</p>	88
<p>Figura 25: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar volume de árvores em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 2; C = equação 4; D = equação 6; E = equação 10; F = equação 12.....</p>	114
<p>Figura 26: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar biomassa Verde de árvores em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 2; C = equação 3; D = equação 7; E = equação 11; F = equação 12.....</p>	115
<p>Figura 27: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar volume de árvores do grupo A em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 2; C = equação 4; D = equação 6; E = equação 7; F = equação 8.....</p>	116
<p>Figura 28: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar volume de árvores do grupo B em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 2; C = equação 6; D = equação 7; E = equação 11; F = equação 12.....</p>	117

Figura 29: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar volume de árvores do grupo C em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 6; C = equação 7; D = equação 8; E = equação 10; F = equação 12.....	118
Figura 30: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar volume de árvores do grupo M em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 2; C = equação 3; D = equação 4; E = equação 6; F = equação 7.....	119
Figura 31: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar biomassa verde de árvores do grupo A em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 2; C = equação 7; D = equação 8; E = equação 11; F = equação 12.....	120
Figura 32: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar biomassa verde de árvores do grupo B em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 2; C = equação 6; D = equação 7; E = equação 11; F = equação 12.....	121
Figura 33: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar biomassa verde de árvores do grupo C em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 3; C = equação 7; D = equação 8; E = equação 10; F = equação 12.....	122
Figura 34: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar biomassa verde de árvores do grupo M em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 2; C = equação 4; D = equação 6; E = equação 11; F = equação 12.....	123

## LISTA DE TABELAS

	Páginas
Tabela 1: Composição da matriz energética Mundial e do Brasil.....	5
Tabela 2: Distribuição das fontes de energia da Matriz Energética Brasileira no período de 1940-2008.....	6
Tabela 3: Destino da lenha no consumida no Brasil.....	7
Tabela 4. Modelos ajustados para estimar volume e biomassa verde de árvores de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	31
Tabela 5: 28 combinações de seções da primeira tora, utilizadas na avaliação dos volumes e biomassa verde de árvores de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta - PE.....	32
Tabela 6: Parâmetros da amostragem do inventário florestal de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: IC= Intervalo de confiança; EMC= Estimativa mínima de confiança.....	33
Tabela 7: Listagem das espécies amostradas, por família, no inventário florestal de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	34
Tabela 8: Parâmetros estruturais das espécies amostradas no inventário florestal de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	36
Tabela 9: Distribuição espacial das espécies amostradas no Inventário florestal de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: IGA: Índice de Agregação de McGuinnes.....	37
Tabela 10: Volume, Densidade Absoluta (DA) e Dominância Absoluta (DoA) e das espécies amostradas, ordenados por maior valor de importância (VI) no inventário florestal de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	39

Tabela 11: Distribuição por classe diamétrica, do Volume, da Densidade Absoluta (DA) e da Dominância Absoluta (DoA) do inventário florestal de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	40
Tabela 12: Listagem florística da regeneração natural, de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	43
Tabela 13: Classes de regeneração natural de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: N – número de indivíduos; RNC(i) – regeneração natural na classe i; RNT – regeneração natural total, em porcentagem.....	45
Tabela 14: Distribuição espacial da regeneração natural das espécies amostradas no inventário florestal de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: IGA: Índice de Agregação de McGuinness.....	45
Tabela 16: Variáveis dendrométricas utilizadas para análise multivariadas da vegetação, dados por parcela, de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: N: número de indivíduos; FUST: número de fuste; S: número de espécie; DAP: DAP equivalente médio, m; H: altura média, m; G: área basal, m <sup>2</sup> ; V: volume, m <sup>3</sup> .....	47
Tabela 17: Matriz de correlação entre as variáveis da vegetação, dados por parcela, de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: N: número de indivíduos; FUST: número de fuste; S: número de espécie; DAP: DAP médio; H: altura média; G: área basal, m <sup>2</sup> ; V: volume, m <sup>3</sup> .....	47
Tabela 18: Estimativas das variâncias (autovalores) associadas aos componentes principais e suas importâncias relativas acumuladas.....	48
Tabela 19: Análise da função discriminante dos três primeiros fatores. Número de variáveis do modelo: 3; Agrupamento: 6 grupos. Wilks' Lambda: 0,02304 approx. F (15,88)=17,268 p<0,0000.....	53

Tabela 20: Classificação correta, probabilidade de classificação número de parcelas em cada grupo.....	53
Tabela 21: Distribuição das árvores amostras para volume (m <sup>3</sup> ), por espécies e classe de circunferência de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	56
Tabela 22: Distribuição das árvores amostras para biomassa verde (kg), por espécies e classe de circunferência de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	57
Tabela 23: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionados ao volume observado de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: VF: volume do fuste (m <sup>3</sup> ); VG: volume de galho (m <sup>3</sup> ); VT: volume total (m <sup>3</sup> ); CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos.....	58
Tabela 24: Estimativas dos parâmetros e medidas de precisão das equações testadas para a estimativa de volume de espécies de um área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	59
Tabela 25: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionadas a biomassa verde observada de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: CAP: circunferência a 1,3 m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos; PF: peso do fuste (kg); PG: peso de galho (kg); PT: peso total (kg).....	61
Tabela 26: Estimativas dos parâmetros e medidas de precisão das equações testadas para a estimativa de biomassa verde de espécies de um área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. (* ) Modelos das equações, ver tabela 4.....	62
Tabela 27: Teste de médias de Scott-Knott (p=1%) para o volume e biomassa verde de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	64

Tabela 28: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionados ao volume Observado do grupo A de espécies, área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: VF: volume do fuste (m <sup>3</sup> ); VG: volume de galho (m <sup>3</sup> ); VT: volume total (m <sup>3</sup> ); CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; .NG: número de galhos.....	65
Tabela 29: Estimativas dos parâmetros e medidas de precisão das equações testadas para a estimativa de volume do Grupo A, um área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	66
Tabela 30: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionados ao volume observado de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: VF: volume do fuste (m <sup>3</sup> ); VG: volume de galho (m <sup>3</sup> ); VT: volume total (m <sup>3</sup> ); CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos.....	68
Tabela 31: Estimativas dos parâmetros e medidas de precisão das equações testadas para a estimativa de volume do Grupo B, um área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	69
Tabela 32: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionados ao volume observado de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: VF: volume do fuste (m <sup>3</sup> ); VG: volume de galho (m <sup>3</sup> ); VT: volume total (m <sup>3</sup> ); CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos.....	71
Tabela 33: Resultado da análise de regressão do ajustes das equações testadas para a estimativa de volume de espécies nativas de uma área de caatinga, na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	72

Tabela 34: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionados ao volume observado de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: VF: volume do fuste (m <sup>3</sup> ); VG: volume de galho (m <sup>3</sup> ); VT: volume total (m <sup>3</sup> ); CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos.....	74
Tabela 35: Resultado da análise de regressão do ajustes as equações testadas para a estimativa de volume de espécies nativas de uma área de caatinga, na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	75
Tabela 36: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionadas a biomassa verde observada de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos; PF: peso do fuste (kg); PG: peso de galho (kg); PT: peso total (kg).....	77
Tabela 37: Resultado da análise de regressão do ajustes das equações testadas para a estimativa de biomassa verde de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	78
Tabela 38: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionadas a biomassa verde observada de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos; PF: peso do fuste (kg); PG: peso de galho (kg); PT: peso total (kg).....	80
Tabela 39: Resultado da análise de regressão do ajustes das equações testadas para a estimativa de biomassa verde de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	81

Tabela 40: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionadas a biomassa verde observada de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos; PF: peso do fuste (kg); PG: peso de galho (kg); PT: peso total (kg).....	83
Tabela 41: Resultado da análise de regressão do ajustes das equações testadas para a estimativa de biomassa verde de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	84
Tabela 42: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionadas a biomassa verde observada de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos; PF: peso do fuste (kg); PG: peso de galho (kg); PT: peso total (kg).....	86
Tabela 43: Resultado da análise de regressão do ajustes das equações testadas para a estimativa de biomassa verde de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.....	87

## SUMÁRIO

	Páginas
<b>DEDICATÓRIA.....</b>	iv
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	v
<b>RESUMO.....</b>	vi
<b>ABSTRACT.....</b>	vii
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	viii
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	x
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	1
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	4
<b>2.1 ENERGIA NO MUNDO.....</b>	4
<b>2.2. MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL.....</b>	7
<b>2.3. PRODUÇÃO DE BIOMASSA.....</b>	11
<b>2.4. ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E VOLUME.....</b>	12
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	16
<b>3.1. Área de Estudo.....</b>	16
<b>3.2. Análise da estrutura da vegetação.....</b>	19
3.2.1. Densidade Absoluta e Relativa.....	19
3.2.2. Freqüência Absoluta e Relativa.....	19
3.2.3. Dominância Absoluta e Relativa.....	20
3.2.4. Valor de Importância (VI).....	20
3.2.5. Regeneração Natural.....	21
<b>3.3. Diversidade.....</b>	21
3.3.1. Índice Diversidade de Shannon.....	22
3.3.2. Equabilidade de Pielou (J).....	22

3.3.3. Dominância de Simpson (D).....	23
3.3.4. Coeficiente de Mistura de Jentsch (QM).....	24
<b>3.4. Distribuição Espacial.....</b>	<b>24</b>
3.4.1. Índice de Agregação de McGuinnes – IGA.....	24
<b>3.5. Estratos de Altura Total .....</b>	<b>25</b>
<b>3.6. Distribuição Diamétrica .....</b>	<b>25</b>
<b>3.7. Estratificação da área.....</b>	<b>26</b>
3.7.1. Análise de componentes principais .....	26
3.7.2. Análise de agrupamento.....	28
3.7.3. Análise de discriminante.....	28
<b>3.8. Cubagem de Árvore, Modelos para estimar Volume e Biomassa.....</b>	<b>29</b>
3.8.1. Critérios para escolha da melhor equação.....	32
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1. Inventário Fitossociológico.....</b>	<b>33</b>
<b>4.2. Estrutura Diamétrica .....</b>	<b>39</b>
<b>4.3. Regeneração Natural.....</b>	<b>43</b>
<b>4.4. Estratificação da Área.....</b>	<b>47</b>
4.4.1. Análise de agrupamento e discriminante.....	47
<b>4.5. Volume e Biomassa Verde.....</b>	<b>55</b>
4.5.1. Volume e biomassa verde para todas as espécies.....	55
4.5.1.1. Volume de todas as espécies.....	58
4.5.1.2. Biomassa verde de todas as espécies.....	60
4.5.2. Volume e biomassa por grupos de espécies.....	63
4.5.2.1. Volume por grupo de espécies.....	64

4.5.2.1.1. Volume do grupo A.....	64
4.5.2.1.2. Volume do grupo B.....	67
4.5.2.1.3. Volume do grupo C.....	70
4.5.2.1.4. Volume do grupo M.....	73
4.5.2.2. Biomassa verde por grupos de espécies.....	76
4.5.2.2.1. Biomassa verde do grupo A.....	76
4.5.2.2.2. Biomassa verde do grupo B.....	79
4.5.2.2.3. Biomassa verde do grupo C.....	82
4.5.2.2.4. Biomassa verde do grupo M.....	85
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>90</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>91</b>
<b>7. APÊNDICES .....</b>	<b>113</b>

## SUMÁRIO

Páginas

<b>EPÍGRAFE.....</b>	iv
<b>DEDICATÓRIA.....</b>	v
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	vi
<b>RESUMO.....</b>	vii
<b>ABSTRACT.....</b>	viii
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	ix
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	xv
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	1
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	4
<b>2.1. Energia no Mundo.....</b>	4
<b>2.2. Manejo Florestal Sustentável.....</b>	7
<b>2.3. Produção de Biomassa.....</b>	11
<b>2.4. Estimativas de Biomassa e Volume.....</b>	12
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	16
<b>3.1. Área de Estudo.....</b>	16
<b>3.2. Análise da estrutura da vegetação.....</b>	19
3.2.1. Densidade Absoluta e Relativa.....	19
3.2.2. Freqüência Absoluta e Relativa.....	19
3.2.3. Dominância Absoluta e Relativa.....	20
3.2.4. Valor de Importância (VI).....	20
3.2.5. Regeneração Natural.....	21
<b>3.3. Diversidade.....</b>	21
3.3.1. Índice Diversidade de Shannon.....	22

3.3.2. Equabilidade de Pielou (J).....	22
3.3.3. Dominância de Simpson (D).....	23
3.3.4. Coeficiente de Mistura de Jentsch (QM).....	24
<b>3.4. Distribuição Espacial.....</b>	<b>24</b>
3.4.1. Índice de Agregação de McGuinnes.....	24
<b>3.5. Estratos de Altura Total.....</b>	<b>25</b>
<b>3.6. Distribuição Diamétrica.....</b>	<b>25</b>
<b>3.7. Estratificação da Área.....</b>	<b>26</b>
3.7.1. Análise de componentes principais.....	26
3.7.2. Análise de agrupamento.....	28
3.7.3. Análise de discriminante.....	28
<b>3.8. Cubagem de Árvore, Modelos para estimar Volume e Biomassa....</b>	<b>29</b>
3.8.1. Critérios para escolha da melhor equação.....	32
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1. Inventário Fitossociológico.....</b>	<b>33</b>
<b>4.2. Estrutura Diamétrica .....</b>	<b>39</b>
<b>4.3. Regeneração Natural.....</b>	<b>43</b>
<b>4.4. Estratificação da Área.....</b>	<b>47</b>
4.4.1. Análise de agrupamento e discriminante.....	47
<b>4.5. Volume e Biomassa Verde.....</b>	<b>55</b>
4.5.1. Volume e Biomassa Verde para todas as espécies.....	55
4.5.1.1. Volume de todas as espécies.....	58
4.5.1.2. Biomassa Verde de todas as espécies.....	60
4.5.2. Volume e Biomassa Verde por grupo de espécies.....	63
4.5.2.1. Volume por grupo de espécies .....	64

4.5.2.1.1. Volume do grupo A.....	64
4.5.2.1.2. Volume do grupo B .....	67
4.5.2.1.3. Volume do grupo C .....	70
4.5.2.1.4. Volume do grupo M .....	73
4.5.2.2. Biomassa verde por grupos de espécies.....	76
4.5.2.2.1. Biomassa verde do grupo A.....	76
4.5.2.2.2. Biomassa verde do grupo B.....	79
4.5.2.2.3. Biomassa verde do grupo C.....	82
4.5.2.2.4. Biomassa verde do grupo M.....	85
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>90</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>91</b>
<b>7. APÊNDICES.....</b>	<b>113</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No Nordeste, onde o setor florestal gera cerca de 170 mil empregos diretos e 500 mil indiretos, além de contribuir com 15% da renda global dos produtores, destaca-se também pela sua produção de lenha, uma vez que 35% do seu parque industrial têm a lenha como sua fonte de energia primária, além de atender a 70% da demanda energética dos domicílios da região (CAMPELLO et al., 2000). Isto tem feito com que o produto florestal desempenhe papel fundamental na economia informal, sendo uma das poucas alternativas econômicas para a geração de renda das famílias rurais nos períodos de estiagens (MOURA et al., 2006).

No estado de Pernambuco o desmatamento e a degradação dos recursos naturais vêm se acelerando nas últimas décadas. O consumo de energéticos florestais (lenha e carvão vegetal) no Estado é de 12.117.151 st/ano, sendo o setor residencial responsável por 73,5% e o industrial/comercial por 26,5% deste total (SILVA et al., 1998a e b). Nota-se que esta estimativa refere-se apenas ao consumo de lenha e carvão, não estando, portanto, computados a exportação destes produtos para outros estados, nem a utilização da vegetação para fins não-energéticos (toras, mourões, etc.).

Nóbrega et al. (1998) relataram que a lenha e o carvão vegetal constituem a segunda fonte de energia mais utilizada em Pernambuco, sendo superada apenas pela eletricidade, o que significa que os demais setores produtivos da economia estadual e o setor domiciliar são dependentes diretos do recurso florestal usado principalmente como energético. Como consequência, as necessidades de lenha, carvão, estacas, varas, mourões, dos produtores rurais, dos dois setores são atendidas, principalmente, com a exploração da vegetação.

Em levantamentos socioeconômicos sobre o uso do recurso florestal no Estado, há necessidade de aquisição de produtos florestais em unidades de produção rural pernambucanas. Em média, 56,9% dos produtores rurais compram esses produtos (NÓBREGA et al., 1998).

O sertão de Pernambuco tornou-se uma das regiões onde as formações nativas estão sendo intensivamente exploradas, principalmente as áreas de caatinga, que apesar de se encontrarem extremamente fragmentadas e descaracterizadas estruturalmente e floristicamente, vários produtos e benefícios diretos e indiretos podem ser extraídos dos seus povoamentos florestais nativos.

Podendo destacar-se a matéria-prima para processamento industrial, energia industrial e doméstica, regulação do fluxo e suprimento de água para abastecimento doméstico, industrial e energético, renovação e manutenção da qualidade de vida ambiental, controle de qualidade de ar, de erosão e de sedimentação, recreação e lazer, beleza cênica, saúde pública, preservação e conservação da biodiversidade, etc. Entretanto, a renovabilidade deste recurso depende do grau, tipo e intensidade de sua utilização.

Dentre essas áreas de caatinga, Sá et al. (2003) indicaram a área denominada de carvoejamento, abrangendo os municípios de Arcoverde, Buique, Tupanatinga, Calumbi, Flores, Betânia, Serra Talhada, Ibimirim, Floresta, Sertânia e Custódia, onde existe inadequada exploração da vegetação nativa, e deve ser considerada como prioritária para conservação.

Os impactos da exploração madeireira nas formações florestais nativas, considerando os efeitos na vegetação adulta remanescente, na regeneração natural e no solo, devem ser cuidadosamente observados no manejo dessas florestas. Tais impactos têm implicações diretas na escolha do sistema de manejo a ser aplicado e na busca de respostas a questões básicas relacionadas com a autoecologia das espécies envolvidas.

A questão fundamental é que essas formações florestais devem gerar produtos para novas colheitas, princípio básico do rendimento sustentável, sendo a regeneração natural a condição vital que permite a sua conservação e preservação. Assim, a exploração das florestas nativas deve considerar o conceito de sustentabilidade, uma vez que novos ciclos de corte devem ser realizados, pois o manejo sustentável das florestas naturais é alcançado quando os responsáveis pelas atividades de colheita consideram, além da biodiversidade, o aspecto social da floresta e as práticas de regeneração.

Vários estudos de inventários fitossociológicos e florísticos foram realizados nos últimos anos em áreas de caatinga (LEMOS; RODAL, 2002; PEREIRA et al., 2002; ALCOFORADO-FILHO et al., 2003; NASCIMENTO et al., 2003; PEREIRA et al., 2003; AMORIM et al., 2005; ANDRADE et al., 2005; TELES, 2005, GOMES et al., 2006; QUEIROZ et al., 2006; ANDRADE et al., 2007; BARBOSA et al., 2007; FABRICANTE; ANDRADE, 2008; RODAL et al., 2008a; RODAL et al., 2008b; CAVALCANTI, et al., 2009; RODAL et al., 2009, SILVA, 2009, ALMEIDA NETO et

al., 2009; CALIXTO JÚNIOR, 2009), tendo fornecido importantes informações sobre o número de indivíduos por hectare, a área basal ocupada e riqueza florística.

Em contra partida, as referências na literatura para pesquisas volumétricas e de biomassa para a vegetação de caatinga são escassas. Logo, considera-se que o parâmetro volumétrico de madeira para as áreas de caatinga é pouco estudado ou pouco publicado no meio científico, mesmo a vegetação tendo intensiva extração madeireira para fins energéticos (CAMPELLO et al., 1999).

A obtenção de estimativas precisas de produtividade em formações vegetais tropicais é um pré-requisito importante no estabelecimento de ações de manejo florestal (RESENDE et al., 2006). Pois, desde o princípio da ciência florestal a volumetria de árvores constituiu um tema relevante, dado a madeira ter participado intensamente na vida do ser humano, por meio da energia, habitação, dos móveis e da arte (PÉLLICO NETTO, 2004).

Diante do exposto, objetivou-se analisar a estrutura das espécies lenhosas, adultos e regenerantes, estratificar a vegetação por meio de técnicas de análise multivariada, ajustar equações volumétricas e de biomassa verde para área de caatinga com importância madeireira, subsidiando com informações para o manejo florestal sustentado desta formação.

## 2. REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Energia no Mundo

Energia, economia e sustentabilidade são três fatores fundamentais para a sobrevivência da Humanidade (VASCONCELLOS, 2002; GENTIL, 2008) e elemento essencial para o desenvolvimento (GOLDEMBERG, 2000). Desde a Revolução Industrial, a competitividade econômica dos países e a qualidade de vida de seus cidadãos são profundamente influenciadas pela energia (TOLMASQUIM et al., 2007).

Estima-se que a cobertura florestal mundial seja da ordem de 3,9 bilhões de hectares, dos quais 886 milhões se encontram no continente latino-americano, devendo-se destacar que o Brasil detém aproximadamente 61%, ou seja, 540,46 milhões de hectares (COUTO et al., 2004).

A utilização de biomassa, para fins energéticos, é tão antiga quanto à própria civilização. Até o século XVIII, a principal fonte de energia da humanidade era a lenha. O emprego da biomassa como combustível, para geração de média e de larga escala, vem sendo objeto de estudo em diversos países, inclusive no Brasil (BRITO, 1997; VASCONCELLOS, 2002; NOGUEIRA; LORA, 2003; LIMA et al., 2006; BRITO, 2007; SILVA et al., 2008b; MACHADO et al., 2010b).

O uso energético, tanto de florestas nativa quanto plantadas é a principal aplicação mundial da madeira (GENTIL, 2008). O seu uso no contexto mundial se evidencia nos países em desenvolvimento onde a madeira é um componente de vital importância na realidade mundial de centenas de milhares de pessoas que tem a lenha como a fonte energética predominante (BRITO; CINTRA, 2004).

Analisando a composição da matriz energética mundial, constata-se que esta é fortemente inclinada para as fontes de carbono fóssil, petróleo, carvão mineral e gás natural, com participação total de 80% (Tabela 1).

Tabela 1: Composição da matriz energética Mundial e do Brasil

Fonte	Mundo (%)	Brasil (%)
Petróleo	35,3	43,1
Carvão mineral	23,2	6,0
Gás natural	21,1	7,5
Lenha e carvão vegetal	9,5	8,5
Nuclear	6,5	1,8
Hidrelétrica	2,2	14,0
Biodiesel e produtos da cana	1,7	23,0
Outras renováveis	0,5	0,1

Fonte: MAPA (2006)

O Brasil se destaca entre as economias industrializadas pela elevada participação das fontes renováveis em sua matriz energética. Isso se esclarece por algumas características ambientais do país, como uma bacia hidrográfica com vários rios de planalto, fundamental à produção de eletricidade e o fato de ser o maior país tropical do mundo, diferencial positivo para a produção de energia de biomassa (VASCONCELLOS, 2002; MAPA, 2006).

O uso da biomassa florestal para a geração de energia apresenta algumas vantagens como baixo custo de aquisição, não emite dióxido de enxofre, as cinzas são menos agressivas ao meio ambiente que as provenientes dos combustíveis fósseis, menor corrosão dos equipamentos, menor risco ambiental e é um recurso renovável (SILVA et al., 2010).

A lenha tem um papel importante no Brasil como fonte de energia desde o período colonial. Nos últimos 68 anos (Tabela 2), houve modificações na matriz energética brasileira, pois em 1940 foram consumidos 6,4% de petróleo e derivados, 85,7% de biomassa, constituídos por 83,3% de lenha.

Em 2008, 28,6% da energia primária do Brasil era constituída de biomassa, sendo 17% representada pela cana-de-açúcar e 11,6%, pela lenha que era utilizada de forma direta (combustão) em fornalhas, caldeiras e fogões e de forma indireta, em carvão (BRASIL, 2009).

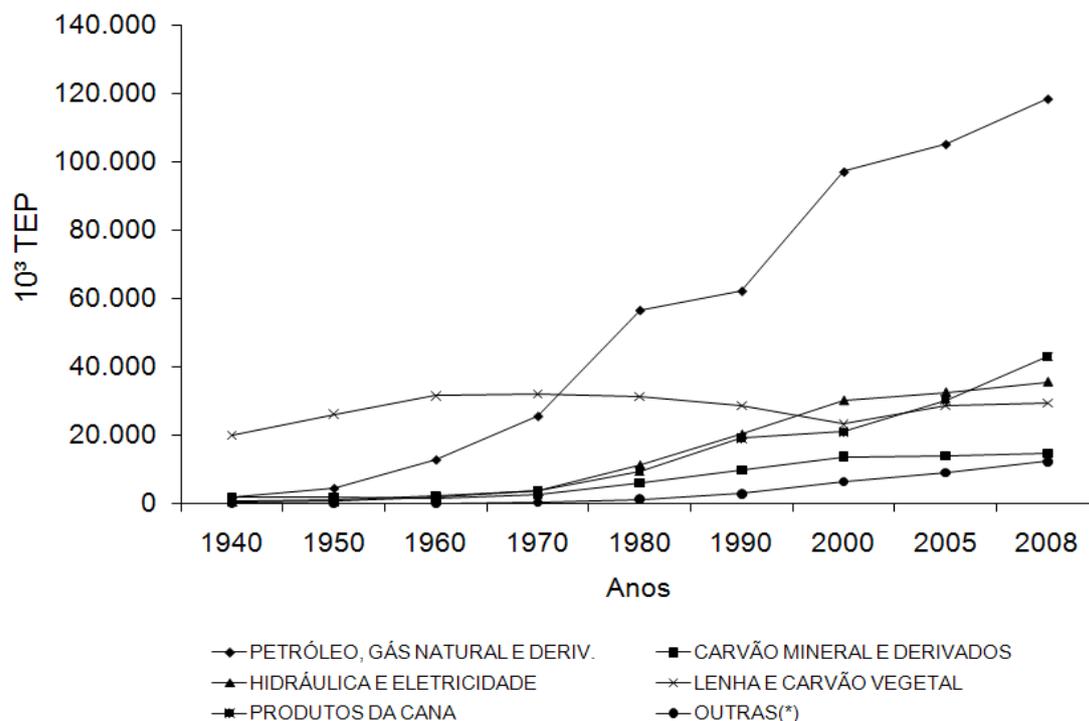
Tabela 2: Distribuição das fontes de energia da Matriz Energética Brasileira no período de 1940-2008.

OFERTA INTERNA DE ENERGIA (%)	Anos									
	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2005	2008	
Petróleo, Gás Natural e Derivados	6,4	12,9	25,7	38,0	49,2	43,7	50,9	48,1	46,9	
Carvão Mineral e Derivados	6,4	4,8	2,9	3,6	5,1	6,8	7,1	6,3	5,8	
Hidráulica e Eletricidade	1,5	1,6	3,2	5,1	9,6	14,1	15,7	14,8	14,0	
Lenha e Carvão Vegetal	83,3	78,1	63,9	47,6	27,1	20,1	12,1	13,0	11,6	
Produtos da Cana	2,4	2,7	4,3	5,4	8,0	13,4	10,9	13,8	17,0	
Outras (*)	0,0	0,0	0,0	0,3	0,9	1,9	3,3	4,1	4,8	
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	

Fonte: Brasil (2009).

(\*) Inclui outras Fontes Primárias Renováveis e Urânio

Embora a importância dos combustíveis de madeira na matriz energética brasileira, a demanda vinha caindo até o ano de 2000, quando reverteu a tendência e começou a crescer novamente (Figura 1). Vale destacar ainda, que apesar da redução da participação em termos percentuais da lenha e carvão vegetal na matriz energética, em números absolutos, o consumo continua crescendo, do ano de 2005 para 2008 houve um acréscimo de  $759 \cdot 10^3$  toneladas equivalentes em petróleo - TEP, correspondendo a 2,05% de crescimento.



Fonte: Com base em dados de Brasil (2009)

Figura 1: Distribuição das fontes de energia da Matriz Energética Brasileira no período de 1940-2008, em Toneladas Equivalente em Petróleo - TEP

O principal destino da lenha produzida no Brasil é para a produção de carvão vegetal, principalmente, utilizada pelo setor siderúrgico (Tabela 3). As áreas mais importantes do consumo da lenha no Brasil são concentradas em regiões do sul, do sudeste e do nordeste do país (BRITO, 1997; CINTRA, 2009).

Tabela 3: Destino da lenha no consumida no Brasil.

Descrição	2008
Produção (10 <sup>3</sup> ton)	
Lenha	94.341
Principais Usos	
Produção de Carvão vegetal	39.386
Residencial	25.541
Industrial	20.463
Agropecuário	8.109

Fonte: Brasil (2009)

Historicamente, a região Nordeste guarda relação de grande dependência socioeconômica pelo recurso florestal, especialmente da caatinga, formação vegetal típica do semiárido (CAMPELLO et al., 1999). A demanda por combustíveis de madeira em algumas indústrias apresentam impactos ambientais negativos evidentes, especialmente no Nordeste e em alguns consumidores intensivos, como cerâmicas e caieiras. Nestes casos, o uso de lenha é visivelmente não renovável e insustentável, associado ao empobrecimento do solo e à desertificação (UHLIG et al., 2008).

## 2.2. Manejo Florestal Sustentável

Schneider e Finger (2000), destacaram que os sistemas naturais heterogêneos possuem baixa produtividade comparada, em um curto período de tempo, com sistemas homogêneos. Em consequência disso, deve-se buscar por meio de intervenções aumentar a produtividade com a manutenção do equilíbrio do ecossistema e da biodiversidade.

Para Scolforo (1998), Hosokawa et al. (1998) e Schneider e Schneider (2008), o Manejo Florestal está centrado no conceito de utilização de forma ponderada e

sustentada dos recursos florestais, de modo que as gerações futuras possam desfrutar pelo menos aos mesmos benefícios da geração presente.

Para o MMA (2010) o Manejo Florestal Sustentável é a administração da floresta para obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras, de múltiplos produtos e subprodutos não-madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços florestais.

Os requisitos mínimos do plano de manejo são definidos pelo Código Florestal (BRASIL, 1965), Instrução Normativa N° 3, de 4 de maio de 2001 (IBAMA, 2001) e pela Lei Federal nº 11.284/06, que transfere a competência de aprovar a exploração de florestas e formações sucessoras, bem como a adoção de técnicas de condução, exploração, reposição florestal e manejo aos órgãos ambientais estaduais, no caso do estado de Pernambuco à Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH, pela Instrução Normativa N° 07, de 29 de dezembro de 2006 (CPRH, 2006).

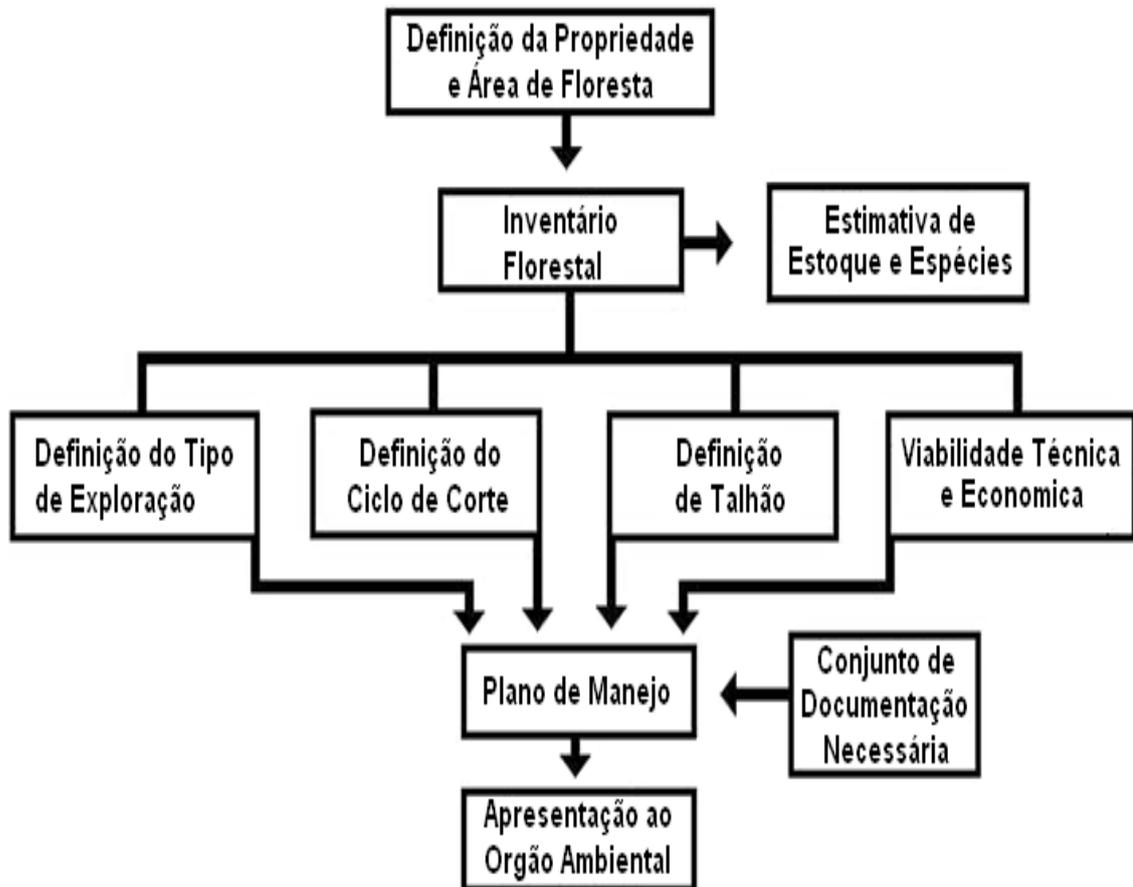
A oficialização do manejo junto aos órgãos ambientais é feita através do Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), instrumento de gestão ambiental, da área. Consistindo de um documento técnico que apresenta todas as informações do inventário florestal, os aspectos técnicos do manejo florestal aplicado (taxa de crescimento, ciclo de corte, tratamentos silviculturais, produção estimada, talhamento etc.) e também toda a documentação exigida pela legislação pertinente (IBAMA, 2001; CPRH, 2006).

De forma resumida, o fluxograma para elaboração do um PMFS está descrito na Figura 2.

Muitos dos PMFS atualmente em andamento no Brasil apresentam sérios problemas técnicos e de execução (GOMES et al., 2004). Pois, grande parte não passa de exploração florestal convencional rotulada de plano de manejo, ou seja, executada sem planejamento e utilização de técnicas de exploração de impacto reduzido e, sobretudo, sem efetiva aplicação de tratamentos silviculturais.

Braz (2010) descreve que durante muito tempo, a exploração madeireira foi realizada sem aplicação dos conceitos de manejo florestal. Atualmente, mesmo com a identificação dessa necessidade, uma área desprezível é manejada levando em consideração a sustentabilidade madeireira e, menos ainda, outros fatores que dizem respeito à diversidade.

MELO (2007) considera que o Manejo Florestal Sustentável da Caatinga, associado ao seu reflorestamento nativo, visando a produção de biomassa energética é a solução ideal para reverter o processo de desertificação do sertão, além de ser a solução econômica mais viável para a Região, superando a pecuária e a agricultura.



Fonte: modificado de IBAMA, 1999

Figura 2: Fluxograma para elaboração de um Plano de Manejo Florestal

Cobrindo 55% dos 1.548.672 km<sup>2</sup> da área da região Nordeste do Brasil, a caatinga é a vegetação predominante (RODAL; SAMPAIO, 2002; IBGE, 2005), está compreendida entre os paralelos de 2° 54' S a 17° 21' S e envolvem áreas dos Estados do Ceará, do Rio Grande do Norte, da Paraíba, de Pernambuco, de Alagoas, de Sergipe, do Piauí, da Bahia e de Minas Gerais (ANDRADE et al., 2005).

Atualmente, quase 40% da área original são recoberta de vegetação nativa (SILVA; SAMPAIO, 2008). As ameaças à conservação da caatinga devem-se às práticas de atividades como contínuos desmatamentos para criação de pastagens e

utilização de técnicas de irrigação inadequadas; essas práticas intensificam a desertificação; o assoreamento dos rios e aceleram, ainda mais, o desgaste do solo (LEAL et al., 2005). Este tipo de exploração em um ambiente pouco conhecido e complexo poderá levar o mesmo a um processo irreversível de degradação (SANTANA; SOUTO, 2006).

Desempenha um papel socioeconômico de grande magnitude, vindo a constituir a fonte mais importante de produtos energéticos para a população, assim como para alguns setores da indústria, ressaltando-se, ainda, o caráter de complementaridade da atividade florestal em relação às atividades agropecuárias, que é uma das poucas alternativas econômicas que o produtor rural dispõe nos períodos de estiagem, frequentes na região (SILVA, 2006).

As principais ameaças à conservação da caatinga devem-se as práticas de atividades como corte de madeira para lenha sem acompanhamento, contínuos desmatamentos para criação de pastagens para bovinos e caprinos e utilização de técnicas de irrigação inadequadas (LEAL et al., 2005). Os sistemas agropastoris apresentam-se como um fator que exerce maior pressão sobre a cobertura florestal do semiárido nordestino e essa pressão varia de intensidade em função da localização, estrutura e tamanho dos remanescentes (ANDRADE et al., 2005).

De acordo com FUNDETEC (1999), a cobertura vegetal dos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte está reduzida a menos de 50% de seus respectivos territórios e a média anual de desmatamento é de aproximadamente meio milhão de hectares.

Em razão disso, tem-se buscado um modelo de desenvolvimento florestal que visa substituir o atual modelo de exploração da biomassa, com grandes extrações volumétricas, às vezes a partir de corte raso e alteração de uso do solo, por um modelo mais adequado de manejo florestal de rendimento sustentável, no qual as interações das florestas com outros recursos, como água, solo, atmosfera, fauna e conservação da biodiversidade e capacidade de renovação, são levados em consideração (COELHO, 1999).

Por ser uma área de grande pressão sobre os recursos florestais, onde a ação antrópica se processa com grande intensidade, é necessário o planejamento de estratégias para conter a devastação florestal que incluam a aplicação de técnicas de plantio e/ou de manejo florestal sustentado da caatinga, bem como medidas para

evitar o processo de desertificação, propiciado pela prática inapropriada de exploração florestal.

Dentre esses estudos, soma-se ainda a importância de se considerar um conhecimento mais específico desses povoamentos além dos estudos florísticos e estruturais (FERREIRA et al., 2007).

### **2.3. Produção de Biomassa**

Biomassa é a massa de matéria de origem biológica, viva ou morta, animal ou vegetal (CARIOCA; ARORA, 1984; TOLMASQUIM, 2003). Em termos florestais, a biomassa pode ser toda a massa existente na floresta ou apenas a fração arbórea da mesma. A porção arbórea da biomassa de origem vegetal pode ser chamada de fitomassa florestal ou fitomassa arbórea (SANQUETTA, 2002; COUTO et al., 2004).

A biomassa florestal é formada pela combinação de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) da atmosfera e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), absorvidas pelas raízes das plantas, na fotossíntese clorofiliana, que produz os hidratos de carbono ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), através da reação química básica:  $\text{fóton} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} > (\text{CH}_2\text{O}) + \text{O}_2$ . A energia solar é armazenada nas ligações químicas dos componentes estruturais da biomassa (VASCONCELOS, 2002; HINRICHS; KLEINBACH, 2003).

Segundo Staiss e Pereira (2001), a biomassa pode ser transformada, pelas diferentes tecnologias de conversão em biocombustíveis sólidos, líquidos ou gasosos e, finalmente, a partir destes em: energia térmica, mecânica e/ou elétrica. Se a biomassa for queimada de modo eficiente, há produção de dióxido de carbono e água, portanto, o processo é cíclico. Por esse motivo e pela capacidade de regeneração rápida, em relação a outros recursos energéticos, a biomassa é considerada um recurso renovável.

A capacidade das florestas de armazenar carbono durante o processo de produção de biomassa tem recebido atenção crescente (HOSOKAWA et al., 1998), bem como, a quantificação da biomassa, principalmente, na medida em que ela se relaciona diretamente com a fixação do  $\text{CO}_2$  atmosférico, agindo em consequência como redutora das emissões de dióxido de carbono, um dos grandes responsáveis pelo aumento do efeito estufa (COUTO et al., 2004).

A determinação da biomassa está diretamente ligada a questões que envolvem o manejo florestal, uma vez que as informações obtidas no inventário florestal são as bases de pesquisas relacionadas ao uso dos recursos naturais, e as decisões sobre o uso eficiente da terra (URBANO et al., 2008).

Grande parte da biomassa da floresta é constituída por carbono e para a compreensão de como se comporta a alocação e captura deste carbono contido na atmosfera pelas formações florestais fazem-se necessários estudos mais detalhados sobre a temática, pois a quantidade de carbono a ser fixada varia em função da composição florística e da densidade populacional de cada estrato por comunidade vegetal que compõe a biomassa (SANQUETTA, 2002; WATZLAWICK et al., 2004; SOARES et al., 2005; THOMPSON, 2009).

#### **2.4. Estimativas de Biomassa e Volume**

No Brasil, devido ao vasto patrimônio florestal, os estudos volumétricos vêm sendo pesquisados com maior ênfase, proporcionado pelo seu valor econômico, nas florestas plantadas, com espécies do gênero *Pinus* (MACHADO, 1979; MACHADO; GARCIA, 1984; GIMENES et al., 1995; SILVA et al., 1998c; COUTO; VETTORAZZO, 1999; MACHADO et al., 2001; ASSIS et al., 2002; MACHADO et al., 2002; THOMAS et al., 2006) e *Eucalyptus* (PAULA NETO, 1977; SILVA et al., 1978; PAULA NETO et al., 1992; CAMPOS et al., 1992; COUTO; BASTOS, 1987; SILVA et al., 1993; SCHNEIDER, et al., 1997; SOUZA et al., 2008; OLIVEIRA et al, 2009; SOARES et al., 2010), bem como, para formações nativas de Floresta Ombrófila, na Amazônia (SILVA et al., 1984; CHAMBERS et al., 2001; SANTOS et al., 2001; CHAVE et al., 2005; ROLIM et al., 2006; SOUZA; SOUZA, 2006; COLPINI et al., 2009), Floresta Atlântica (SOUZA; JESUS, 1991; SCOLFORO et al., 1995; CHICHORRO et al, 2003; OLIVEIRA et al, 2005; SANTOS et al., 2006), e apresentando destaque para estudos de espécies específicas, tais como: a araucária (SIQUEIRA, 1977; HESS et al., 2007; EISFELD et al., 2008; BALBINOT et al., 2009; MACHADO et al., 2010a) e a bracatinga (MACHADO et al., 2006; MACHADO et al., 2007; MACHADO et al., 2008a; MACHADO et al., 2008b; URBANO et al., 2008), no entanto, esses estudos, apresentam em menor destaque para as formações savânicas do cerrado (IMAÑA-ENCINAS; KLEINN, 2001;

REZENDE et al., 2006; IMAÑA-ENCINAS et al., 2009; RUFINI et al., 2010) e mais modestamente na caatinga (ZAKIA et al., 1992; SILVA, 2006; SILVA et al., 2008a).

Árvores em florestas naturais apresentam-se com características mais complexas e complicadas que árvores plantadas, assim como as coníferas apresentam fustes mais regulares que as folhosas (PÉLLICO NETTO, 2004).

Campos e Leite (2006) descrevem que o estudo volumétrico relacionado às espécies de folhosas nativas quase sempre estimam apenas o volume comercial do fuste. Quando, se pretende conhecer o volume de galhos, o processo não é muito fácil. Pois, além da precisão da função de volume, os autores acima afirmam ser preciso haver compatibilidade, isto é, consistência entre os volumes estimados do fuste mais galhos e o volume total. Essa consistência pode não ocorrer quando se emprega equações independentes, ainda mais se considerar haver grande heterogeneidade entre árvores.

Para Silva e Sampaio (2008), ainda exista uma grande lacuna sobre o conhecimento relacionado à quantificação da produção de biomassas pelas plantas da caatinga e o quanto é retirado nos processos de exploração de lenha, sendo esta atividade a maior contribuição no extrativismo no Nordeste (SAMPAIO, 2002; SAMPAIO et al., 2006), seja como finalidade principal, seja como produto da abertura de áreas para plantio no sistema de agricultura itinerante. E a maior parte dos estudos existentes que avaliaram a biomassa de espécies lenhosas da caatinga limitou-se a analisar a massa seca total da parte aérea.

Zakia et al. (1992), com o intuito de desenvolver equações de peso e de volume para espécies lenhosas nativas do Seridó, RN (*Chloroleucon dumosum* (Benth.) G.P.Lewis, Casas, *Croton blanchetianus* Baill., *Aspidosperma pyrifolium* Mart., *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz, *Combretum leprosum* Mart., *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir., *Piptadenia macrocarpa* Benth e *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett), testaram quatro modelos de regressão simples para cada espécie, que tinham como variáveis independente ABB (área basal na base), ABB.H (área basal na base vezes altura), ABP (área basal na altura do peito), ABP.H (área basal na altura do peito vezes altura), logaritimizados ou não, obtendo os seguintes resultados: os modelos linear e o bilogaritmico apresentam os melhores ajustes; os modelos de ABB e ABB.H apresentaram os mais baixos coeficientes de determinação e um alto resíduo médio; o modelo linear de ABP.H apontou menor resíduo; os melhores ajustes foram para *Mimosa tenuiflora* tipo 2 e

*Aspidosperma pyriformium*, enquanto que os piores foram *Mimosa tenuiflora* tipo 3 e *Poincianella pyramidalis* tipo 3.

Entretanto, Kauffman et al. (1993), em Serra Talhada-PE, determinou biomassas totais, sem separação de partes, de 74 Mg.ha<sup>-1</sup>. Sampaio et al. (1998), após corte e queima ou não desta área de vegetação, estimou biomassa de 4 e 17 Mg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, aos dois e aos seis anos. Já para área com apenas o corte, a biomassa foi de 7 Mg.ha<sup>-1</sup> aos dois anos e 30 Mg.ha<sup>-1</sup> aos 6 anos.

SILVA (1998), pesquisando duas áreas de caatinga em Santa Luz - BA e Petrolina-PE, determinou valores de biomassa total variando de 35 a 156 Mg.ha<sup>-1</sup>. A mesma autora, estimou biomassas totais para 112 áreas de caatinga, apresentando grande faixa de variação, 2 a 156 Mg.ha<sup>-1</sup>, e mais de 60% destas áreas não ultrapassando 20 Mg.ha<sup>-1</sup>.

Costa et al. (2002), em 16 locais na região do Seridó-RN, estimou por meio de imagens de satélite e equações dendrométricas as biomassas totais, que variaram de 2 a 45 Mg.ha<sup>-1</sup> e de folhas e ramos finos variando de 0,1 a 2,2 Mg.ha<sup>-1</sup>.

Amorim et al. (2005), na região do Seridó-RN, estimou biomassas totais, utilizando equações alométricas desenvolvidas por Silva (1998) e publicadas em Sampaio e Silva (2005) com base no diâmetro do fuste ( $B_{(kg)} = \beta_0 DAP_{(cm)}^{\beta_1}$ ) e obteve valores de 25,1 Mg.ha<sup>-1</sup> e na área do fuste e a altura da planta ( $B_{(kg)} = \beta_0 (AB_{(cm^2)} \times H_m)^{\beta_1}$ ) com valores de 21,5 Mg.ha<sup>-1</sup>.

Silva (2006) com o objetivo de ajustar modelos volumétricos para estimar o volume total com casca da vegetação de caatinga, cubou 100 árvores de dez espécies (*Anadenanthera colubrina*, *Aspidosperma pyriformium*, *Bauhinia cheilantha*, *Poincianella pyramidalis*, *Cnidoscolus quercifolius*, *Combretum cf. leprosum*, *Croton blanchetianus*, *Mimosa tenuiflora*, *Myracrodruon urundeuva* e *Piptadenia stipulacea*) e ajustou o modelo de Schumacher e Hall (1933), de duas formas, utilizando DAS (diâmetro a altura do solo) e DEq (diâmetro equivalente para as árvores que apresentaram dois o mais fustes), na forma logaritmizada.

Moreira et al. (2006), em uma área de caatinga em Serra Talhada-PE sob pastejo de bovinos, estimou que o componente arbóreo dispunha de 0,178 Mg.ha<sup>-1</sup> de Matéria seca (MS) e o estrato arbustivo variou de 1,234 Mg.ha<sup>-1</sup> de MS (período chuvoso) e 0,489 Mg.ha<sup>-1</sup> de MS (período seco).

Silva e Sampaio (2008), descrevendo sobre biomassa de partes aéreas de plantas da caatinga estimou a produção de biomassa em folhas e ramos finos,

(partes geralmente desprezadas nos estudos) correspondem a  $4 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , em cada uma das partes. Nas plantas a partir de 17,5 cm de DAP, cerca de 70% da biomassa é de fustes e galhos maiores que 5 cm de diâmetro, 20% de galhos entre 1 e 5 cm, 5% de ramos <1 cm e 5% de folhas.

Drumond et al. (2008) pesquisando a distribuição da biomassa nos diferentes componentes arbóreos da espécie *Mimosa tenuiflora*, em um experimento aos oito anos com espaçamento 3 x 2 m, apresentou a seguinte ordem: folha ( $1,3 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) <casca ( $3,8 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) <raiz ( $6,6 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) <galho ( $7,9 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) <lenho ( $8,6 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), totalizando  $21,6 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de biomassa.

Moura et al. (2006), estudando dois povoamentos implantados de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth., povoamento I (oito anos e espaçamento de 3,0 x 3,0 m) produziu  $66,22 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  e povoamento II (11 anos e espaçamento de 4,5 x 4,5 m)  $88,78 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Barros (2009), também de forma experimental, em espaçamento de 3 x 2 m e aos 6,5 anos determinou o teor médio de carbono (%C) no fuste e o carbono fixado ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) para as espécies *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. ( $44,26 \text{ \%C}$  e  $21,42 \text{ Mg C}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), *Anadenanthera colubrina* Vell. Brenan var. *cebil* Griseb. Altschul ( $41,34 \text{ \%C}$  e  $15,35 \text{ Mg C}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), *Amburana cearense* (Allemão) A.C. Sm. ( $44,98 \text{ \%C}$  e  $0,09 \text{ MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir ( $46,88 \text{ \%C}$  e  $23,89 \text{ Mg C}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), *Tabebuia* sp1 ( $41,06 \text{ \%C}$  e  $4,83 \text{ Mg C}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e *Tabebuia* sp2 ( $40,47 \text{ \%C}$  e  $3,78 \text{ Mg C}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). O autor ressalva, que a baixa produção de biomassa, e por conseqüente, baixa fixação de carbono, de algumas espécies pode ter ocorrido pela não adaptação ao plantio homogêneo e competições diferenciadas as que ocorrem comumente na vegetação nativa.

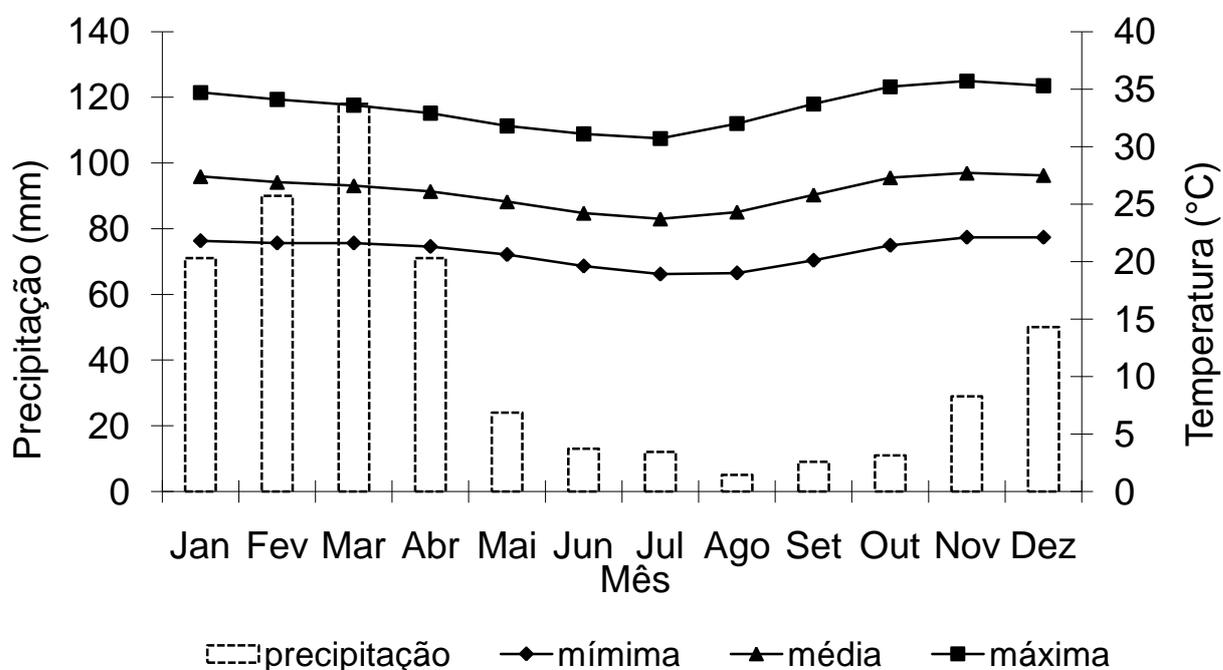
Para Sampaio e Freitas (2008), a biomassa aérea em áreas de caatinga é função principalmente da disponibilidade de água em cada local, e na maioria destes locais a biomassa oscila de 30 a  $50 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Área de Estudo

O inventário florestal foi realizado em uma área com cerca de 50 ha (8°30'37" S e 37°59'07" W) com vegetação de caatinga na fazenda Itapemirim, com extensão de aproximadamente 6.000 ha, na mesorregião do São Francisco Pernambucano.

O município de Floresta é banhado pela bacia hidrográfica do Rio Pajeú e seu clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSh, semiárido quente, apresentando precipitação média anual de aproximadamente 503 mm, com período chuvoso de janeiro a abril, e temperatura média anual de 26,1 °C (Figura 3). O município possui uma área de 3.643,97 Km<sup>2</sup> e uma altitude média de 323 m.



Fonte: elaborado a partir de dados do ITEP (2010)

Figura 3: Médias históricas dos últimos 30 anos da temperatura e precipitação, de janeiro a dezembro, do município de Floresta - PE

A vegetação da área é do tipo savana-estépica (VELOSO et al., 1991), caracterizada por vegetação arbustivo-arbórea, com presença de cactáceas e estrato herbáceo podendo conter, em alguns locais, macambira (*Bromelia laciniosa* Mart. ex Schultes f.) e caroá (*Neoglaziovia variegata* (Arr. Cam.) Mez.).

O solo da região é classificado como Luvissole Crônico poucos profundos, textura superficial arenosa a média e superficial. Nas vertentes dos vales predominam os solos cascalhentos, porém mais férteis (EMBRAPA, 2007).

Para a área de estudo, de aproximadamente 50 ha, admitiu-se um erro amostral de 20% e probabilidade de 90%, conforme legislação ambiental para manejo florestal (CPRH, 2006) e foram implantadas e georeferenciadas 40 parcelas com dimensões de 20 x 20 m para os levantamentos dos indivíduos arbóreos adultos, e no vértice superior direito (sentido sul-norte) de cada parcela, uma sub-parcela de 5 x 5 m para os indivíduos regenerantes. As parcelas foram demarcadas a partir de 50 m da borda da vegetação e distanciadas 80 m entre si (Figura 4 e 5).

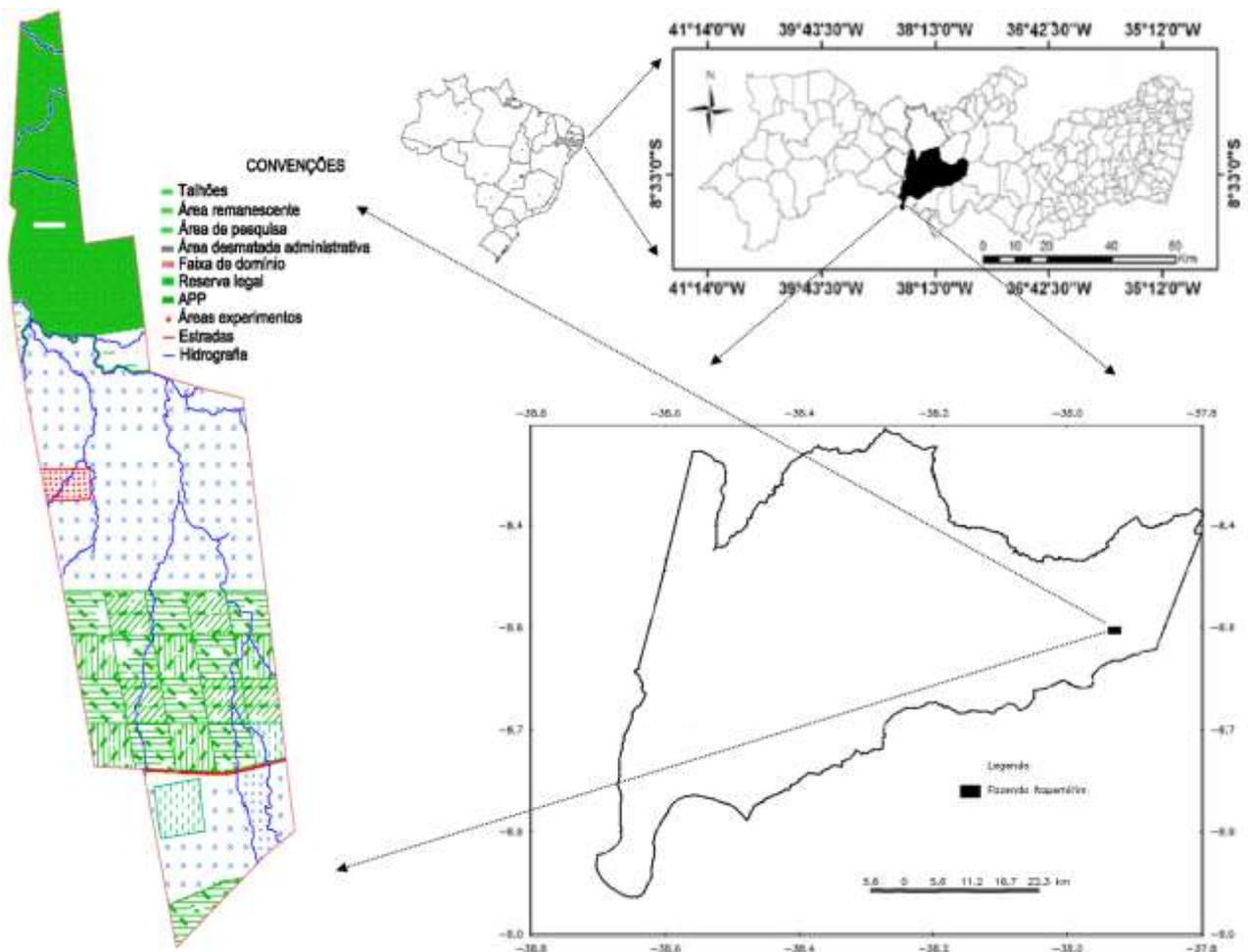


Figura 4: Localização da fazenda Itapemirim no município de Floresta-PE.

Em cada parcela, para o estrato arbóreo, foram mensurados e etiquetados todos os indivíduos com CAP (Circunferência a 1,3 m do solo)  $\geq 6$  cm, bem como suas bifurcações. Para a regeneração natural os indivíduos amostrados foram

agrupados em quatro classes de regeneração: classe 1 = 20 a 50 cm; classe 2 = 51 a 100 cm; classe 3 = 101 a 150 cm; classe 4 = maior que 151 cm e menores que 6 cm de CAP (Comitê Técnico Científico da Rede de Manejo Florestal da Caatinga, 2005).

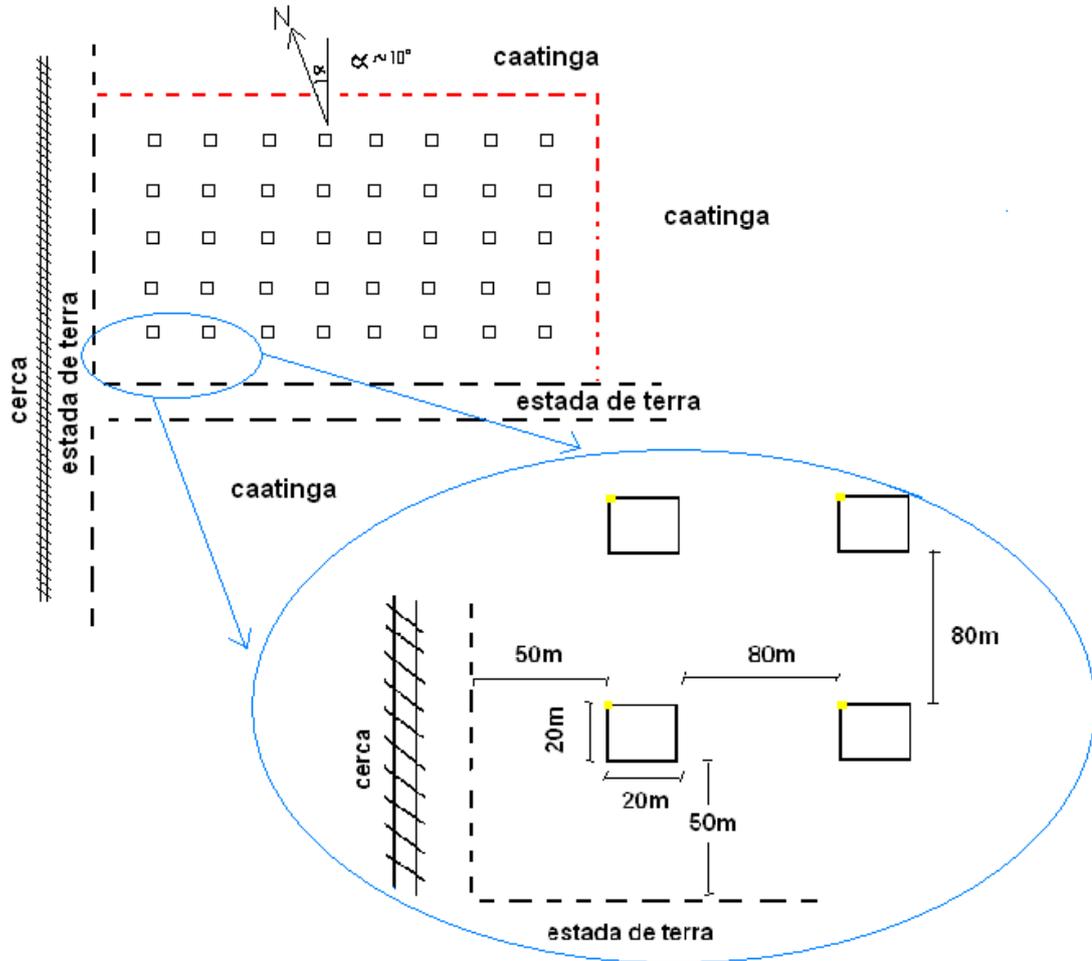


Figura 5: Desenho esquemático da disposição das parcelas em campo, Fazenda Itapemirim, Floresta - PE.

Os indivíduos mensurados foram identificados no local com o nome vulgar, coletando-se material botânico para posterior identificação e herborização no herbário Sérgio Tavares do Departamento de Ciência Florestal da UFRPE. A sinonímia e a grafia dos taxa foi realizada mediante consulta a literatura e ao banco de dados do Missouri Botanical Garden, disponível em <http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>, e Forzza et al. (2010). Para separação em famílias foi adotado o sistema de classificação APG II (2003).

### 3.2. Análise da estrutura da vegetação

Com o auxílio do *software* Mata Nativa 2 (MATA NATIVA 2, 2006) foram obtidas as seguintes estimativas dos parâmetros fitossociológicos de acordo com Mueller-Dombois e ElleMBERG (1974): Densidade, Freqüência, Dominância, Valor de Importância e Área Basal,

#### 3.2.1. Densidade Absoluta e Relativa

Por meio deste parâmetro informa-se a densidade, em número de indivíduos por unidade de área, com que a espécie ocorre no povoamento. Assim, maiores valores de  $DA_i$  e  $DR_i$  indicam a existência de um maior número de indivíduos por hectare da espécie no povoamento amostrado.

$$DA_i = \frac{N_i}{A} \qquad DR = \frac{DA_i}{DT} \times 100 \qquad DT = \frac{N}{A}$$

Em que:

$DA_i$  = densidade absoluta da *i*-ésima espécie, em número de indivíduos por hectare;

$n_i$  = número de indivíduos da *i*-ésima espécie;

$N$  = número total de indivíduos;

$A$  = área total, em hectare;

$DR_i$  = densidade relativa (%) da *i*-ésima espécie;

$DT$  = densidade total, em número de indivíduos por hectare (soma das densidades de todas as espécies).

#### 3.2.2. Freqüência Absoluta e Relativa

Com a freqüência se pode informar como uma espécie se distribui nas unidades amostrais em termos de presença ou ausência. Assim, maiores valores de  $FA_i$  e  $FR_i$  indicam como a espécie está distribuída horizontalmente ao longo da floresta.

$$FA_i = \frac{u_i}{u_t} \times 100 \qquad FR_i = \frac{FA_i}{\sum_{i=1}^p FA_i} \times 100$$

Em que:

$FA_i$  = frequência absoluta da i-ésima espécie na comunidade vegetal;

$FR_i$  = frequência relativa da i-ésima espécie na comunidade vegetal;

$u_i$  = número de unidades amostrais em que a i-ésima espécie ocorre;

$u_t$  = número total de unidades amostrais;

$P$  = número de espécies amostradas.

### 3.2.3. Dominância Absoluta e Relativa

Com a dominância informa-se a densidade de uma espécie em termos de área basal. A dominância absoluta nada mais é do que a soma das áreas seccionais dos indivíduos pertencentes a uma mesma espécie, por unidade de área. Assim, maiores valores de  $DoA_i$  e  $DoR_i$  indicam que a espécie exerce dominância na floresta em termos de área basal por hectare.

$$DoA_i = \frac{AB_i}{A} ; \qquad DoR = \frac{DoA}{DoT} \times 100 ; ; \qquad ABT = \sum_{i=1}^s AB_i$$

Em que:

$DoA_i$  = dominância absoluta da i-ésima espécie, em  $m^2/ha$ ;

$AB_i$  = área basal da i-ésima espécie, em  $m^2$ , na área;

$A$  = área, em hectare;

$DoR_i$  = dominância relativa (%) da i-ésima espécie;

$DoT$  = dominância total, soma da dominância de todos os indivíduos, em  $m^2/ha$ .

### 3.2.4. Valor de Importância (VI)

Revela por meio dos valores (DR, FR e DoR) alcançados por uma espécie, sua importância na comunidade vegetal analisada, e é dado pela seguinte fórmula:

$$VI_i = \frac{DR_i + FR_i + DoR_i}{3}$$

Em que:

$VI_i$  = valor de Importância de uma espécie  $i$ , expresso em porcentagem (%);

$DR_i$  = densidade relativa de uma espécie  $i$ , expresso em porcentagem (%);

$DoR_i$  = dominância relativa de uma espécie  $i$ , expresso em porcentagem (%);

$FR_i$  = frequência relativa de uma espécie  $i$ , expresso em porcentagem (%);

$i$  = espécie  $i$ , podendo variar de 1 a  $n$  espécies.

### 3.2.5. Regeneração Natural

A Regeneração Natural Total (RNT) foi calculada somando-se as regenerações de cada uma das quatro classes, e dividindo pela quantidade de classe para obter-se a porcentagem.

$$RNT_i = \frac{RNC_1 + RNC_2 + RNC_3 + RNC_4}{4}$$

$$RNC(i) = \frac{FRC(i) + DRC(i)}{2}$$

Em que:

$DRC_i$  = densidade relativa da  $i$ -ésima classe de regeneração na comunidade vegetal;

$FRC_i$  = frequência relativa da  $i$ -ésima classe de regeneração na comunidade vegetal;

RNT = Regeneração natural total;

### 3.3. Diversidade

Para estimar a diversidade florística foram utilizados os índices de diversidade de Shannon ( $H'$ ), Equabilidade de Pielou ( $J$ ), a Dominância de Simpson ( $C$ ) e o Coeficiente de Mistura de Jentsch ( $QM$ ), descritos em Pielou (1977), Brower; Zarr, (1984), Magurran (1988) e Hosokawa (1988), demonstrados abaixo:

### 3.3.1. Índice de Diversidade de Shannon

O índice de Shannon, também chamado de índice de Shannon-Weaver ou índice de Shannon-Wiener, é um índice não-paramétrico de medida de diversidade, baseado na abundância proporcional de espécies, que busca unir a riqueza de espécies e a similaridade em uma única informação. Pressupõe que os indivíduos foram amostrados de forma aleatória a partir de um conjunto infinitamente grande e que todas as espécies estão representadas na amostra, no entanto atribui maior peso às espécies raras.

Quanto maior for o valor de  $H'$ , maior será a diversidade florística da população em estudo. Este índice expressa riqueza e uniformidade.

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

em que:

$n_i$  = número de indivíduos amostrados da  $i$ -ésima espécies;

$N$  = número total de indivíduos amostrados;

$S$  = número de espécies amostradas;

$\ln$  = logaritmo neperiano ( $e = 2,71828\dots$ ).

### 3.3.2. Equabilidade de Pielou (J)

O índice de Equabilidade pertence ao intervalo de 0 a 1, onde 1 representa a máxima diversidade, ou seja, todas as espécies são igualmente abundantes.

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

em que:

$J'$  = índice de Equabilidade de Pielou;

$H'_{\max} = \ln(S)$  = diversidade máxima;

$S$  = número de espécies amostradas = riqueza.

### 3.3.3. Dominância de Simpson (D)

O índice de Simpson ( $D$ ) mede a probabilidade de dois indivíduos de uma comunidade, selecionados ao acaso na amostra, pertencem à mesma espécie. É uma medida principalmente de dominância e atribui um peso maior às espécies comuns, diferentemente do índice de Shannon (FELFILI; REZENDE, 2003),

Uma comunidade com maior diversidade terá uma menor dominância. O valor de  $C$  varia de 0 a 1, sendo que para valores próximos de um, a diversidade é considerada maior.

O índice é derivado do “índice de concentração de Simpson” (SIMPSON, 1949), o qual supõe que dois indivíduos são independentemente retirados, ao acaso e sem reposição, de uma comunidade de  $s$  espécies contendo  $N$  indivíduos, em que  $N_j$  indivíduos pertencem a  $j$ -ésima espécie ( $j = 1, \dots, s$ ;  $\sum_{j=1}^s N_j = N$ ). Se a probabilidade de que ambos os indivíduos pertençam à mesma espécie for alta, é possível dizer que a comunidade apresenta um alto grau de concentração e tal probabilidade é utilizada como um índice de concentração, dito  $C$ . Assim sendo, a probabilidade é dada por

$$C = \sum_{j=1}^s \frac{N_j(N_j - 1)}{N(N - 1)}$$

$$D = 1 - C$$

em que:

$C$  = é a medida de dominância

$D$  = índice de dominância de Simpson;

$n_j$  = número de indivíduos amostrados da  $j$ -ésima espécie;

$N$  = número total de indivíduos amostrados;

$S$  = número de espécies amostradas.

### 3.3.4. Coeficiente de Mistura de Jentsch (QM),

O “Coeficiente de Mistura de Jentsch” (HOSOKAWA, 1988), fornece uma visão geral da composição florística da floresta, pois indica, em média, o número de árvores de cada espécie que é encontrado no povoamento. Dessa forma, tem-se um fator para medir a intensidade de mistura das espécies e os possíveis problemas de manejo, dada as condições de variabilidade de espécies.

$$QM = \frac{S}{N}$$

em que:

S = número de espécies amostradas;

N = número total de indivíduos amostrados.

Quanto mais próximo de 1 (um) o valor de QM, mais diversa é a população. No caso do programa Mata Nativa 2, o valor de QM é apresentado em forma de proporção, ou seja, o programa faz uma divisão de N/S (inverte a expressão original) e o resultado apresentado é uma proporção do número de indivíduos em relação ao número de espécies para cada parcela e para o total.

## 3.4. Distribuição Espacial

Para verificar o padrão de distribuição espacial das espécies na área utilizou-se:

### 3.4.1. Índice de Agregação de McGuinness - IGA

O Índice de Agregação de McGuinness - IGA (McGuinness, 1934) estima o grau de agregação da espécie, em termos da densidade observada ( $D_i$ ) e esperada ( $d_i$ ), da seguinte forma:

$$IGA_i = \frac{D_i}{d_i} \quad \text{Sendo: } D_i = \frac{n_i}{u_t}; \quad d_i = -\ln(1 - f_i); \quad f_i = \frac{u_i}{u_t}$$

Em que:

$IGA_i$  = índice de McGuinness para a i-ésima espécie;

$D_i$  = densidade observada da i-ésima espécie;  
 $d_i$  = densidade esperada da i-ésima espécie;  
 $f_i$  = frequência absoluta da i-ésima espécie;  
 $n_i$  = número de indivíduos da i-ésima espécie;  
 $u_i$  = número de unidades amostrais em que a i-ésima espécie ocorre;  
 $u_t$  = número total de unidades amostrais.

A classificação do padrão obedece à seguinte escala:  $IGAi < 1$ : distribuição uniforme;  $IGAi = 1$ : distribuição aleatória;  $1 < IGAi \leq 2$ : tendência ao agrupamento;  $IGAi > 2$ : distribuição agregada.

### 3.5. Estratos de Altura Total

A vegetação foi dividida em três estratos de altura total ( $h_j$ ) de acordo com o procedimento de Souza e Leite (1993):

Estrato Inferior: árvore com  $h_j < \bar{h} - s$ .

Estrato Médio: árvore com  $\bar{h} - s \leq h_j < \bar{h} + s$ .

Estrato Superior: árvore com  $h_j \geq \bar{h} + s$ .

em que:

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

$s$  = desvio padrão das alturas totais ( $h_j$ );

$h_j$  = altura total da j-ésima árvore individual;

### 3.6. Distribuição Diamétrica

A estrutura diamétrica foi descrita para área total e para as seis espécies de maior VI. Os indivíduos foram distribuídos em classes de diâmetro com amplitude de 2 cm, tendo o centro da primeira classe o valor de 2,9 cm.

Determinadas as classes diamétricas, foi ajustada aos dados de frequência por classe de diâmetro a seguinte função de distribuição, conforme adotado por Campos *et al.* (1983):

$$\ln y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i ,$$

em que:

$\ln y_i$  = logaritmo natural da média da frequência por classe de diâmetro, amplitude de 2 cm, por hectare. De modo a viabilizar o cálculo quando da inexistência de indivíduos em alguma das classes, somou-se o número 1 como constante a todas as classes.

$X_i$  = centro de classe de diâmetro;

$\beta_0, \beta_1$  = parâmetros que exprimem a estrutura da vegetação em relação à distribuição dos diâmetros.

$\varepsilon_i$  = erro aleatório

Com base na função de distribuição ajustada, foi obtido o quociente “q” intrínseco da vegetação por meio da seguinte equação:

$$q = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 X_i)}}{e^{(\beta_0 + \beta_1 X_{i+1})}} ,$$

Em que se utiliza a razão entre as frequências de uma classe de diâmetro qualquer ( $X_i$ ) pela frequência imediatamente acima ( $X_{i+1}$ ).

Foram avaliados os quocientes “q” de De Liocourt individualmente para seis espécies de maior VI e para a área.

### 3.7. Estratificação da Área

Os dados básicos para análises foram matriz X de variáveis, elaboradas pelos dados da amostragem do inventário das 40 parcelas, em que N: número de indivíduos; FUST: número de fuste; S: número de espécie; DAP: DAP equivalente médio; H: altura dominante média; G: área basal, m<sup>2</sup>; V: volume, m<sup>3</sup>.

#### 3.7.1. Análise de componentes principais

A análise de componentes principais foi aplicada visando à possibilidade de reduzir o conjunto original de variáveis, pois é uma técnica de análise multivariada que permite a redução da dimensionalidade dos dados, onde um conjunto de variáveis originais é transformado em um menor número de combinações lineares, que apresentam dimensões equivalentes e propriedades importantes. Os

componentes principais encontrados explicam a variabilidade dos dados originais e quanto maior for a sua estrutura de correlação com as variáveis originais mais eficientes serão (MINGOTI, 2005; MANLY, 2008; FERREIRA, 2008).

Os componentes principais são combinações lineares de variáveis construídas de maneira a captar o máximo da variância, em que o primeiro componente explica a maior variação existente, o segundo a segunda maior variação, e assim sucessivamente. Diante dessa pressuposição, no estudo sobre classificação procurou-se estudar a dispersão das espécies em sistemas de eixos cartesianos onde a variabilidade disponível fosse maximizada. A técnica consiste na transformação de um conjunto de  $n$  variáveis padronizadas,  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}$  em um novo conjunto  $y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{in}$ , em que os  $y_i$ 's são funções lineares dos  $x_i$ 's e independentes entre si. As seguintes propriedades foram verificadas:

a) Se  $Y_{ij}$  é um componente principal, então

$$Y_{ij} = a_1x_{i1} + a_2x_{i2} + \dots + a_nx_{in}$$

b) Se  $Y'_{ij}$  é outro componente principal, então:

$$Y'_{ij} = b_1x_{i1} + b_2x_{i2} + \dots + b_nx_{in}$$

$$\sum_j a_j^2 = \sum_j b_j^2 = 1 ; \sum_j a_j b_j = 0$$

ou seja, os componentes são independentes.

c) Os componentes principais foram obtidos pela solução do sistema:

$$\det(R - \lambda_1 I)a = 0$$

em que:  $R$  = matriz de correlação entre as médias estimadas,

$\lambda_1$  = raízes características ou (autovalores) de  $R$ ,

$I$  = matriz identidade de dimensão  $p \times p$ , e

$a$  = vetor característico (ou auto vetor) associado aos autovalores (CRUZ; REGAZZI, 1997).

Dessa forma, os autovalores de  $R$  correspondem às variâncias de cada componente e os autovetores normalizados, aos coeficientes de ponderação dos caracteres padronizados. A importância relativa de um componente foi calculada por:

$$\text{Importancia de } Y_j = \frac{\lambda_j}{\text{traço}(R)}$$

Após a determinação dos três primeiros componentes principais, que explicaram um mínimo de 87% da variação disponível, foram estimados os respectivos escores associados a cada espécie estudada.

### 3.7.2 Análise de Agrupamento

A análise de agrupamento foi aplicada com base nos escores dos três primeiros componentes principais de cada parcela. Utilizou-se como medida de dissimilaridade a distância euclidiana estimada pela seguinte expressão:

$$d_{ii'} = \left[ \sum_j (cp_{ij} - cp_{i'j})^2 \right]^{1/2}$$

em que:

$d_{ii'}$  = a distância euclidiana entre as parcelas  $i$  e  $i'$ ; e  $i, j$

$cp_{ij} - cp_{i'j}$  = diferença entre escores dos componentes principais das espécies  $i$  e  $i'$ , para uma variável  $j$ .

Para delimitação dos grupos, foi utilizado o método de Ward, de acordo descrito por Souza et al. (1997).

### 3.7.3. Análise Discriminante

A análise discriminante foi aplicada para verificar a pertinência dos grupos formados pela análise de agrupamento. Considerando que a função densidade de probabilidade associada à população  $p_i$  é normal multivariada, então a função discriminante foi dada por:

$$D_i(x) = -\frac{1}{2} \ln \sum_i p_i - \frac{1}{2} \left[ x - \mu_i \right] \sum_i^{-1} \left[ x - \mu_i \right] + \ln p_i$$

Pressupondo-se a igualdade das matrizes de covariâncias, então os componentes constantes de todo  $i$  podem ser retirados, e a função discriminante fica assim:

$$D_i(\tilde{x}) = l_i(\tilde{x}) - \frac{1}{2} l_i(\tilde{x}) \mu_i + \ln p_i \quad i = 1, 2, \dots, g$$

em que  $l_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}^2$

A regra de decisão quando à população de x foi a seguinte:

$$D_i(\tilde{x}) = \max \{ D_1(\tilde{x}), D_2(\tilde{x}), \dots, D_g(\tilde{x}) \}$$

Classificar x em  $\pi_i$  se e somente se

$$D_i(\tilde{x}) = l_i(\tilde{x}) - \frac{1}{2} l_i(\tilde{x}) \mu_i + \ln p_i$$

Dessa forma, a partir das estimativas das matrizes de co-variância e de médias foram obtidas regras de discriminação, objetivando-se verificar a probabilidade de má classificação de cada grupo formado na análise de agrupamento.

As análises estatísticas foram efetuadas com o auxílio do software *Statistica 6* (STATSOFT, 2001).

### 3.8. Cubagem de Árvore, Modelos para estimar Volume e Biomassa

A fazenda Itapemirim está em fase de implantação de Plano de Manejo Florestal junto ao órgão ambiental e o local da pesquisa consta no mesmo como área experimental. As árvores colhidas foram provenientes de um experimento de corte seletivo, iniciado em fevereiro de 2009.

Os indivíduos com vários fustes provenientes de rebrota e bifurcadas na base ( $\leq 30$  cm) foram mensurados como árvores individuais, conforme adotado por Araújo et al. (2004). Medidas a altura total e as circunferências do fuste a 0,30; 0,50; 0,70; 0,90; 1,10; 1,30; 1,50; 1,70; 2,30 m de altura; e, daí por diante de 1,00 m em 1,00 m até o final da árvore, obedecendo ao limite de inclusão de 6 cm de circunferência. Os galhos, maiores que o nível de inclusão, foram transformados em toretes de 1,00

m de comprimento e medidas suas extremidades. Foram pesadas as árvores, fuste e galhos separadamente.

Foi utilizada a fórmula de Smalian para o cálculo do volume total, fustes e galhos, das árvores conforme adotado por Rezende et al. (2006), Thomas et al. (2006), Oliveira et al (2009), Imaña-Encinas et al. (2009).

$$V = \left( \frac{g_1 + g_2}{2} \right) \cdot l$$

Em que:

V = volume da seção, em m<sup>3</sup>;

g<sub>i</sub> = área seccional da seção i, em m<sup>2</sup>;

l = comprimento da seção, em m.

Foram testadas para estimar o volume os modelos de Schumacher e Hall (1933) e Spurr (1952), considerados clássicos na literatura florestal (SILVA; PAULA NETO, 1979; FINGER, 1992; MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003; CAMPOS; LEITE, 2006; SOARES et al., 2006), e que consideram como variáveis independentes o diâmetro e a altura das árvores. Também foram testados os modelos de Ribeiro et al. (2001), que levam em consideração o número de galhos e a circunferência na base do maior galho, além das variáveis já consideradas pelos modelos anteriores. E o modelo de Silva et al. (1992), que dispensa o uso de variáveis de difícil obtenção, como altura por exemplo, e estima a variável dependente com base no volume da primeira tora ou combinações de seções do tronco. (Tabela 4). Aplicações da metodologia para estimar volume de árvores com base na primeira tora podem ser verificadas em Silva e Borders (1993), Silva et al. (1993), Ribeiro et al. (2001) e Silva (2008). Os cálculos foram realizados com o auxílio dos *softwares Excel 2003* e *Statistica 6* (STATSOFT, 2001).

Tabela 4. Modelos ajustados para estimar volume e biomassa verde de árvores de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.

Eq.	Modelo	Autor
1	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i + \beta_2 \cdot H_i + \beta_3 \cdot CG_i + \varepsilon_i$	
2	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i + \beta_2 \cdot H_i + \beta_3 \cdot NG_i + \varepsilon_i$	
3	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 + \beta_2 \cdot H_i + \beta_3 \cdot CG_i^2 + \varepsilon_i$	(Ribeiro et al., 2001)
4	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 + \beta_2 \cdot H_i + \beta_3 \cdot NG_i + \varepsilon_i$	(Ribeiro et al., 2001)
5	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 \cdot H_i + \beta_2 \cdot CG_i + \beta_3 \cdot NG_i + \varepsilon_i$	(Ribeiro et al., 2001)
6	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 + \beta_2 \cdot CG_i + \beta_3 \cdot NG_i + \varepsilon_i$	
7	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 \cdot H_i + \varepsilon_i$	(Spurr, 1952)
8	$Y_i = \beta_0 \cdot CAP_i^{\beta_1} \cdot H_i^{\beta_2} + \varepsilon_i$	(Schumacher; Hall, 1933)
9	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 + \beta_2 \cdot CG_i^2 + \beta_3 \cdot NG_i^2 + \varepsilon_i$	
10	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot VS_i + \dots + \beta_n \cdot VS_n + \varepsilon_i$	(Silva et al., 1992)
11	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot VS_i + \beta_2 \cdot NG_i + \varepsilon_i$	(*)
12	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot VS_i + \beta_2 \cdot CG_i + \varepsilon_i$	(*)

Em que:  $Y_i = V_i$  - Volume ( $m^3$ ) ou  $BV_i$  - Biomassa verde (kg);  $VS_i$  = volume da seção  $i$ ,  $i$  variando de 1 a 28;  $H_i$  = Altura da árvore (m);  $CAP_i$  = Circunferência à Altura do Peito (m), à 1,30 m do solo;  $NG$  = número de galhos;  $CG$  = circunferência na base do ganho maior (m); (\*) a seção ( $VS_i$ ) utilizada foi a que apresentou maior contribuição após o ajuste do modelo 10;  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ : parâmetros dos modelos,  $n$  variando de 1 à 28;  $\varepsilon_i$  = erro aleatório.

O procedimento Stepwise foi aplicado nos modelos que utilizam mais de uma variável independente. Sendo que no modelo de Silva et al. (1992), consideraram as 28 variações de tamanhos de seções medidas no intervalo de 0,30 m a 1,70 m (Tabela 5). No teste de seleção das variáveis independentes, usou-se um nível de probabilidade de F inferior a 1%.

Tabela 5: 28 combinações de seções da primeira tora, utilizadas na avaliação dos volumes e biomassa verde de árvores de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta - PE.

Secção	Intervalo do tronca (m)	Comprimento (m)	Secção	Intervalo do tronco (m)	Comprimento (m)
1	0,30 a 0,50;	0,2	15	0,70 a 1,10;	0,4
2	0,30 a 0,70;	0,4	16	0,70 a 1,30;	0,6
3	0,30 a 0,90;	0,6	17	0,70 a 1,50;	0,8
4	0,30 a 1,10;	0,8	18	0,70 a 1,70;	1
5	0,30 a 1,30;	1	19	0,90 a 1,10;	0,2
6	0,30 a 1,50;	1,2	20	0,90 a 1,30;	0,4
7	0,30 a 1,70;	1,4	21	0,90 a 1,50;	0,6
8	0,50 a 0,70;	0,2	22	0,90 a 1,70;	0,8
9	0,50 a 0,90;	0,4	23	1,10 a 1,30;	0,2
10	0,50 a 1,10;	0,6	24	1,10 a 1,50;	0,4
11	0,50 a 1,30;	0,8	25	1,10 a 1,70;	0,6
12	0,50 a 1,50;	1	26	1,30 a 1,50;	0,2
13	0,50 a 1,70;	1,2	27	1,30 a 1,70;	0,4
14	0,70 a 0,90;	0,2	28	1,50 a 1,70;	0,2

Com o intuito de obter melhores estimativas, foi testada uma metodologia alternativa para estimar o volume, em virtude da grande heterogeneidade das árvores da caatinga. Além do habitual modo, que considerar todas as espécies para ter um modelo para a vegetação, foi utilizado o teste de médias de Scott-Knott (1974), a 1% de probabilidade, para agrupar as espécies que apresentem volumes médios semelhantes. As espécies que apresentaram densidade relativa baixa (menos de 15 árvores amostra) foram agrupadas como trata-se de uma miscelânea de espécies, considerado um grupo a parte. Semelhante ao desenvolvido por Rufini et al. (2010) ajustando equações volumétricas para o cerrado *sensu stricto*.

### 3.8.1. Critérios para escolha da melhor equação

Para Silva (1977) a equação selecionada deve possuir poucas variáveis independentes que sejam de fácil mensuração, com baixa correlação entre si. Os critérios para adoção da melhor equação foram: Coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), Erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ), Coeficiente de variação (CV) e Análise gráfica dos resíduos (SILVA; PAULA NETO, 1979; FINGER, 1992; PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 1993; SCHNEIDER et al., 2009).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Inventário Fitossociológico

No inventário foram contabilizados 2.246 indivíduos lenhosos para uma área de 1,6 ha, em 40 unidades amostrais. De acordo com a estatística descritiva (Tabela 6), a área amostral demonstrou ser suficiente para a caracterização dos parâmetros estruturais, em relação ao número mínimo satisfatório de unidades amostras de 10, 12 e 14, respectivamente para área basal, número de indivíduos e volume.

Tabela 6: Parâmetros da amostragem do inventário florestal de uma área de caatinga na fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: IC= Intervalo de confiança; EMC= Estimativa mínima de confiança.

Parâmetro	Nº. de indivíduos	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
n (Nº ótimo de Parcelas)	12	10	14
Total	2246	9,3440	34,4430
Média	55,6000	0,2340	0,8610
Desvio Padrão	21,7090	0,0820	0,3850
Variância	471,2720	0,0070	0,1480
Variância da Média	11,4050	0,0002	0,0040
Erro Padrão da Média	3,3770	0,0130	0,0600
Coefficiente de Variação %	39,0400	35,2500	44,7300
Teste T	1,6850	1,6850	1,6850
Erro de Amostragem	5,6904	0,0216	0,1009
Erro de Amostragem %	10,2300	9,2400	11,7200
Total da População	69500	291,99	1076,33
IC para o Total (90%)	62387,02 ≤ X ≤ 76612,98	265,01 ≤ X ≤ 318,97	950,15 ≤ X ≤ 1202,52
EMC	51,197	0,217	0,783

No levantamento, foram identificadas 26 espécies pertencentes a 11 famílias botânicas. Dentre estas espécies, *Myracrodum urundeuva*. (Engl.) Fr. All. e *Schinopsis brasiliensis* Engl. constam da lista oficial das espécies da Flora Brasileira ameaçadas de extinção, publicada pelo IBAMA (BRASIL, 2008), também encontradas em outros levantamentos (ALBUQUERQUE et al., 2005; ALMEIDA et al. 2005; COSTA et al, 2007; FLORENTINO, et al., 2007; RAMOS et al, 2008a; RAMOS et al, 2008b; RODAL et al., 2008a; ALBUQUERQUE et al., 2009). Também ocorreram espécies frutíferas, como *Spondias tuberosa* Arr. Câm, *Ziziphus joazeiro* Mart (Tabela 7).

Tabela 7: Listagem das espécies amostradas, por família, no inventário florestal de uma área de caatinga na fazenda Itapemirim, Floresta-PE

Família	Espécie	Nome local
Anacardiaceae	<i>Myracrodum urundeuva</i> . (Engl.) Fr. All. <i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl. <i>Spondias tuberosa</i> Arr. Câm.	aroeira baraúna umbuzeiro
Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyriformium</i> Mart.	pereiro
Boraginaceae	<i>Cordia leucocephala</i> Moric.	moleque duro
Bursaceae	<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett	imburana de cambão
Capparaceae	<i>Capparis flexuosa</i> L. <i>Capparis jacobinae</i> Moric.	feijão bravo icó
Combretaceae	<i>Thiloa glaucocarpa</i> (Mart.) Eichl.	sipaúba
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i> sp.	Quixabeira brava
Euphorbiaceae	<i>Cnidocolus bahianus</i> (Ule) Pax & K. Hoffm. <i>Cnidocolus quercifolius</i> Pohl <i>Croton blanchetianus</i> Baill. <i>Croton rhamnifolius</i> H.B.K. <i>Jatropha mollissima</i> Muell. Arg. <i>Manihot glaziovii</i> Muell. Arg. <i>Sapium lanceolatum</i> Huber	faveleira brava faveleira marmeleiro quebra faca pinhão bravo maniçoba burra leiteira
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i> (Griseb.) Altschul <i>Bauhinia cheilanta</i> (Bong). Steud. <i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth. <i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir. <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke <i>Poincianella bracteosa</i> (Tul.) L.P. Queiroz <i>Erythrostemon calycina</i> (Benth.) L.P. Queiroz	angico mororó jurema de embira jurema preta jurema branca catingueira -
Olacaceae	<i>Ximenia americana</i> L.	ameixa
Rhamnaceae	<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	juazeiro

O Índice de diversidade de Shannon-Winner ( $H'$ ) foi 2,01 nats.ind<sup>-1</sup>. Em uma área em Pocinhos-PB foi 2,16 nats.ind<sup>-1</sup> (ANDRADE et al., 2007), em Serra Negra do Norte-RN foi de 2,35 nats.ind<sup>-1</sup> (SANTANA; SOUTO, 2006), na Estação Ecológica do Seridó, Serra Negra do Norte-RN de 1,94 nats.ind<sup>-1</sup> (AMORIM et al., 2005), dois ambientes em Caraúbas-RN de 2,46 e 2,47 nats.ind<sup>-1</sup>. Para Santana e Souto (2006), a comparação de diferentes áreas de caatinga por meio de índices de diversidade deve ser feita de modo cauteloso, já que os índices sofrem forte influência dos fatores bióticos e abióticos e critério de inclusão, além do nível e tempo de

antropismo. No entanto, Sampaio (2010) comenta que na maior parte da caatinga os índices de diversidade apresentam valores baixos e o índice de Shannon apresenta valores de 1,5 a 3 nats.ind<sup>-1</sup>.

Foram estimados para a vegetação em estudo 1.403,75 ind.ha<sup>-1</sup> e área basal (a altura de 1,3 m) de 5,84 m<sup>2</sup>.ha. *Poincianella bracteosa* apresentou-se como espécies dominante na área em estudo, por apresentar frequência de 100% e valores de área basal e número de indivíduo próximos a 50% dos valores totais referidos para toda a comunidade estudada (Tabela 8). Rodal et al. (2008a) identificaram uma espécies do mesmo gênero, *Poincianella pyramidalis*, como dominante em dois trechos de vegetação caatinga no município de Floresta-PE. Esta espécie, trata-se da mais comum nas caatingas de cristalino (SAMPAIO, 2010) e ocorrendo em destaque em outras formações de caatinga (ALCOFORADO-FILHO et al., 2003; ANDRADE et al., 2005; SANTANA; SOUTO, 2006).

O resultado de densidade foi inferior aos de estudos usando um critério de inclusão  $\geq 3$  cm de diâmetro ao nível do solo (DNS), no Seridó-RN, foram encontraram 3.247 ind.ha<sup>-1</sup> (AMORIM et al., 2005) e em Areia-PB, 2.780 ind.ha<sup>-1</sup> (PEREIRA et al., 2003). No entanto, esta se encontra dentro dos valores descritos por Rodal et al. (2008a), 1.076 a 2.172 ind.ha<sup>-1</sup>, ao pesquisar quatro áreas em Custodia-PE e Floresta-PE.

Rodal et al. (2008b) comentam que as espécies *Anadenanthera colubrina*, *Commiphora leptophloeos*, *Myracrodruon urundeuva* e *Schinopsis brasiliensis* apresentam naturalmente baixa densidade em levantamentos na depressão sertaneja.

Para 85% das espécies amostradas, a densidade relativa foi inferior a 5% (Tabela 8). Em pesquisadas realizadas em áreas de caatinga com diferentes níveis de perturbação (SANTOS et al., 2009; ANDRADE et al., 2005; MARACAJÁ et al., 2003), os ambientes considerados mais conservados apresentaram maior porcentagem de espécies com densidade relativa inferior a 5%, que áreas consideradas degradadas.

Tabela 8: Parâmetros estruturais das espécies amostradas no inventário florestal de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE

<b>Espécie</b>	<b>N</b>	<b>DA</b>	<b>DR</b>	<b>FA</b>	<b>FR</b>	<b>DoA</b>	<b>DoR</b>	<b>VI (%)</b>
<i>Poincianella bracteosa</i>	1031	644,38	45,90	100,00	11,02	2,6840	45,96	34,30
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	330	206,25	14,69	97,50	10,74	0,6160	10,54	11,99
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	126	78,75	5,61	65,00	7,16	0,3880	6,65	6,47
<i>Myracrodum urundeuva</i>	65	40,63	2,89	65,00	7,16	0,4330	7,41	5,82
<i>Cnidocolus quercifolius</i>	66	41,25	2,94	62,50	6,89	0,4010	6,87	5,57
<i>Anadenanthera colubrina</i>	101	63,13	4,50	65,00	7,16	0,2560	4,38	5,35
<i>Bauhinia cheilanta</i>	133	83,13	5,92	62,50	6,89	0,0650	1,12	4,64
<i>Jatropha mollissima</i>	94	58,75	4,19	70,00	7,71	0,0630	1,08	4,32
<i>Manihot glaziovii</i>	79	49,38	3,52	50,00	5,51	0,1120	1,93	3,65
<i>Mimosa tenuiflora</i>	45	28,13	2,00	47,50	5,23	0,2070	3,54	3,59
<i>Commiphora leptophloeos</i>	23	14,38	1,02	37,50	4,13	0,2460	4,22	3,13
<i>Croton rhamnifolius</i>	58	36,25	2,58	42,50	4,68	0,0320	0,54	2,60
<i>Piptadenia stipulacea</i>	33	20,63	1,47	37,50	4,13	0,0600	1,03	2,21
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	14	8,75	0,62	27,50	3,03	0,1060	1,81	1,82
<i>Sapium lanceolatum</i>	13	8,13	0,58	22,50	2,48	0,0930	1,59	1,55
<i>Thiloa glaucocarpa</i>	7	4,38	0,31	15,00	1,65	0,0030	0,06	0,67
<i>Erythrostemon calycina</i>	6	3,75	0,27	10,00	1,10	0,0030	0,05	0,47
<i>Spondias tuberosa</i>	1	0,63	0,04	2,50	0,28	0,0410	0,71	0,34
<i>Cnidocolus bahianus</i>	6	3,75	0,27	5,00	0,55	0,0090	0,16	0,32
<i>Croton blanchetianus</i>	3	1,88	0,13	5,00	0,55	0,0040	0,07	0,25
<i>Capparis flexuosa</i>	2	1,25	0,09	5,00	0,55	0,0010	0,01	0,22
<i>Erytroxylum sp.</i>	2	1,25	0,09	2,50	0,28	0,0070	0,12	0,16
<i>Ximenia americana</i>	4	2,50	0,18	2,50	0,28	0,0020	0,03	0,16
<i>Capparis jacobinae</i>	1	0,63	0,04	2,50	0,28	0,0060	0,09	0,14
<i>Cordia leucocephala</i>	2	1,25	0,09	2,50	0,28	0,0010	0,02	0,13
<i>Ziziphus joazeiro</i>	1	0,63	0,04	2,50	0,28	0,0005	0,01	0,11
<b>Total</b>	<b>2246</b>	<b>1403,75</b>	<b>100</b>	<b>907,5</b>	<b>100</b>	<b>5,8400</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

A distribuição espacial evidenciou as características peculiares das espécies, podendo-se destacar *Capparis flexuosa*, *Capparis jacobinae*, *Spondias tuberosa*, *Ziziphus joazeiro*, que ocorreram de forma uniforme, e tal enquadramento foi proporcionado pelas baixas densidades na comunidade. Para as espécies de maior VI, *Poincianella bracteosa* apresentou características de agregação uniforme, tendo em vista que ocorreu em todas as unidades amostrais. Comportaram-se de forma contrária *Mimosa ophthalmocentra* e *Aspidosperma pyrifolium* que incidiram agregadas no local. (Tabela 9).

Tabela 9: Distribuição espacial das espécies amostradas no inventário florestal de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: IGA: Índice de Agregação de McGuinnes

<b>Espécie</b>	<b>IGA</b>	<b>Classificação IGA</b>
<i>Poincianella bracteosa</i>	*	Uniforme
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	2,24	Agregada
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	3	Agregada
<i>Myracrodum urundeuva</i>	1,55	Tende ao Agrupamento
<i>Cnidocolus quercifolius</i>	1,68	Tende ao Agrupamento.
<i>Anadenanthera colubrina</i>	2,41	Agregada
<i>Bauhinia cheilanta</i>	3,39	Agregada
<i>Jatropha mollissima</i>	1,95	Tende ao Agrupamento
<i>Manihot glaziovii</i>	2,85	Agregada
<i>Mimosa tenuiflora</i>	1,75	Tende ao Agrupamento
<i>Commiphora leptophloeos</i>	1,22	Tende ao Agrupamento
<i>Croton rhamnifolius</i>	2,62	Agregada
<i>Piptadenia stipulacea</i>	1,76	Tende ao Agrupamento
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	1,09	Tende ao Agrupamento
<i>Sapium lanceolatum</i>	1,28	Tende ao Agrupamento
<i>Thiloa glaucocarpa</i>	1,08	Tende ao Agrupamento
<i>Erythrostemon calycina</i>	1,42	Tende ao Agrupamento
<i>Spondias tuberosa</i>	0,99	Uniforme
<i>Cnidocolus bahianus</i>	2,92	Agregada
<i>Croton blanchetianus</i>	1,46	Tende ao Agrupamento
<i>Capparis flexuosa</i>	0,97	Uniforme
<i>Erytroxylum sp.</i>	1,97	Tende ao Agrupamento
<i>Ximenia americana</i>	3,95	Agregada
<i>Capparis jacobinae</i>	0,99	Uniforme
<i>Cordia leucocephala</i>	1,97	Tende ao Agrupamento
<i>Ziziphus joazeiro</i>	0,99	Uniforme

(\*) frequência em 100% das parcelas.

A altura dos indivíduos amostrados variaram de 1,7 a 9,1 m, concentrando mais de 80% dos indivíduos no estrato II (2,42 m a 5,51 m) (Figura 6). A concentração no segundo estrato possivelmente foi ocasionado pela metodologia adotada. No entanto, Pereira et al. (2002) e Pereira et al. (2003) obtiveram as suas maiores densidades de indivíduos entre 3-5 m e 3-6 m de altura, respectivamente, em áreas de caatinga no agreste paraibano, pertencente a outro tipo fisionômico de caatinga.

É uma característica da vegetação de caatinga não apresentar muitas espécies com maiores alturas (QUEIROZ et al., 2006; AMORIM, et al., 2005; PEREIRA et al., 2002). Sampaio (2010) descreveu que na maior parte da caatinga, de porte limitado pelas condições menos favoráveis e pela antropização, as alturas máximas das árvores pouco ultrapassam os 10 m.

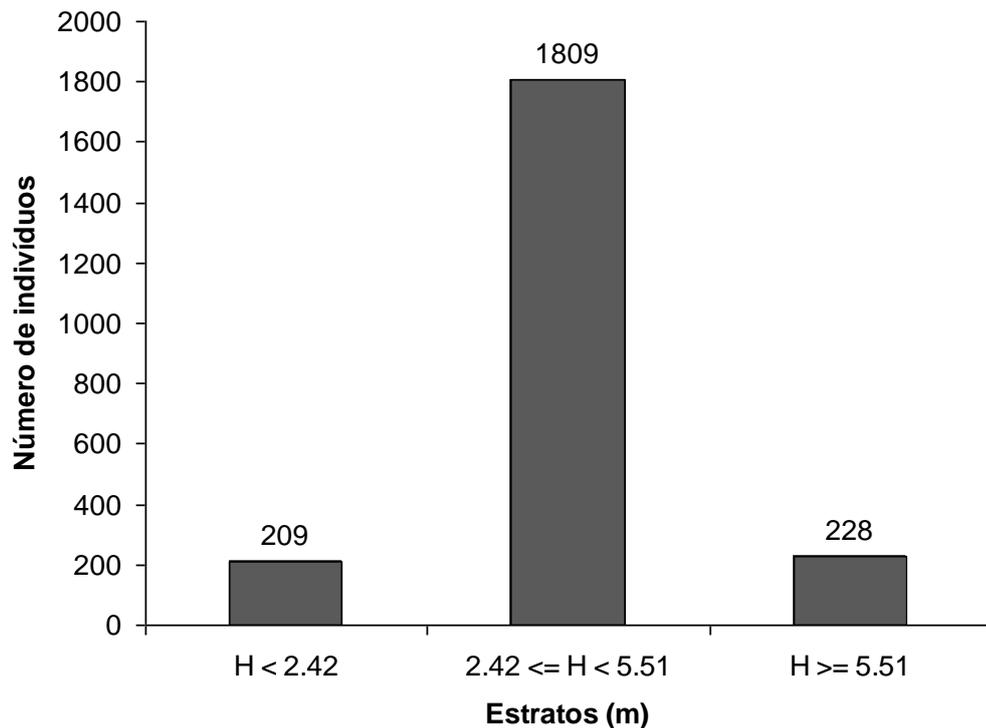


Figura 6: Estrutura vertical dos indivíduos do inventário florestal de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE Em que: Classe I:  $h > 2,42$  m; Classe II:  $2,42 \leq h < 5,51$  m; Classe III:  $h \geq 5,51$  m.

As seis espécies de maior valor de importância, que representaram 69,9% do VI, contabilizaram 76,54% dos indivíduos mensurados, valor que representa 81,84 e 80,64%, dos valores, respectivamente, de área basal e volume de madeira, com ênfase para as espécies *Poincianella bracteosa* e *Mimosa ophthalmocentra*, que apresentaram as maiores densidade de indivíduos por hectare. *Mimosa tenuiflora* e *Commiphora leptophloeos* caracterizaram pela ocorrência de indivíduos de maior porte, o que proporcionou elevado volume, comparado a densidade estimada para estas espécies (Tabela 10).

Tabela 10: Volume, Densidade Absoluta (DA) e Dominância Absoluta (DoA) das espécies amostradas, ordenados por maior valor de importância (VI) no inventário florestal de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE

<b>Espécie</b>	<b>VI (%)</b>	<b>DA (ind.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>DoA (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>)</b>
<i>Poincianella bracteosa</i>	34,30	644,38	2,684	8,8099
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	11,99	206,25	0,616	2,0001
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	6,47	78,75	0,388	1,2750
<i>Myracrodum urundeuva</i>	5,82	40,63	0,433	2,2331
<i>Cnidocolus quercifolius</i>	5,57	41,25	0,401	1,9174
<i>Anadenanthera colubrina</i>	5,35	63,13	0,256	1,1262
<i>Bauhinia cheilanta</i>	4,64	83,13	0,065	0,1603
<i>Jatropha mollissima</i>	4,32	58,75	0,063	0,1713
<i>Manihot glaziovii</i>	3,65	49,38	0,112	0,4185
<i>Mimosa tenuiflora</i>	3,59	28,13	0,207	0,8732
<i>Commiphora leptophloeos</i>	3,13	14,38	0,246	0,9123
<i>Croton rhamnifolius</i>	2,60	36,25	0,032	0,0673
<i>Piptadenia stipulacea</i>	2,21	20,63	0,060	0,2567
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	1,82	8,75	0,106	0,5993
<i>Sapium lanceolatum</i>	1,55	8,13	0,093	0,4518
<i>Thiloa glaucocarpa</i>	0,67	4,38	0,003	0,0097
<i>Erythrostemon calycina</i>	0,47	3,75	0,003	0,0094
<i>Spondias tuberosa</i>	0,34	0,63	0,041	0,1569
<i>Cnidocolus bahianus</i>	0,32	3,75	0,009	0,0248
<i>Croton blanchetianus</i>	0,25	1,88	0,004	0,0116
<i>Capparis flexuosa</i>	0,22	1,25	0,001	0,0018
<i>Erytroxylum sp.</i>	0,16	1,25	0,007	0,0161
<i>Ximenia americana</i>	0,16	2,50	0,002	0,0040
<i>Capparis jacobinae</i>	0,14	0,63	0,006	0,0163
<i>Cordia leucocephala</i>	0,13	1,25	0,001	0,0033
<i>Ziziphus joazeiro</i>	0,11	0,63	0,001	0,0005
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>1.403,75</b>	<b>5,84</b>	<b>21,5267</b>

## 4.2. Estrutura Diamétrica

O diâmetro tomado a 1,3 m do solo (DAP) da vegetação variou de 1,91 a 31,19 cm, havendo uma concentração de 85,44% nas quatro primeiras classes diamétricas (Tabela 11), ou seja, não superiores a 9,90 cm. Estas mesmas classes apresentaram 44,42% de área basal e 37,45% do volume da área.

A distribuição diamétrica comportou-se como o esperado para florestas inequidâneas (Figura 7), ou seja, a curva de distribuição diamétrica se assemelhando a um J-invertido, conforme descrito para várias formações florestais (MEYER, 1952; FERREIRA; VALE, 1992; TONINI et al., 2000; STERBA, 2004; GAMA et al., 2005; SOUZA; SOUZA, 2005; SCHAFF et al., 2006; ALVES JUNIOR et al, 2009).

Algumas áreas de caatinga tendem a apresentar um número muito elevada de indivíduos com diâmetros pequenos (SANTANA; SOUTO, 2006; AMORIM et al., 2005; MARACAJÁ et al., 2003), sugerindo uma possível forma estratégica de ocupação do terreno, após intervenções antrópicas ou após período de seca.

Tabela 11: Distribuição por classe diamétrica, do Volume, da Densidade Absoluta (DA) e da Dominância Absoluta (DoA) do inventário florestal de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE

<b>Centro de classe de DAP</b>	<b>DA (ind.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>DoA (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Vol (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>)</b>
2,9	511,25	0,329	0,7997
4,9	325,00	0,602	1,7698
6,9	211,88	0,760	2,4169
8,9	151,25	0,906	3,0721
10,9	93,75	0,864	3,1139
12,9	43,13	0,538	2,0608
14,9	31,25	0,538	2,0622
16,9	10,00	0,222	0,9529
18,9	10,63	0,292	1,3286
20,9	6,25	0,192	1,0288
22,9	1,88	0,075	0,4131
24,9	2,50	0,094	0,4640
26,9	1,25	0,071	0,3489
28,9	0,63	0,041	0,1569
30,9	0,63	0,048	0,3267
32,9	0,63	0,054	0,2893
34,9	0,63	0,062	0,3167
36,9	0	0	0
38,9	1,25	0,151	0,6053
<b>Total</b>	<b>1403,75</b>	<b>5,84</b>	<b>21,52</b>

As cinco primeiras classes de diâmetro apresentaram superávit de árvores e as demais classes déficit, comparadas a densidade por hectare da curva teórica (Figura 7). A distribuição diamétrica é uma das mais importantes informações para o manejo florestal, devido ao fato de que toda prescrição de desbaste ser baseada na mesma (RANGEL et al., 2006).

Embora a distribuição diamétrica possuir semelhança com a forma de J-invertido, não se mostra balanceada, ou seja, a constante “q” de De Liocourt (observado) não permanece igual nas classes diamétricas do povoamento. Martins (1991) advertiu que a maior densidade de indivíduos menores não indica ausência de problemas de regeneração, demonstrando a necessidade de uma análise mais detalhada, em nível específico e com um grupo maior de espécies, para permitir interpretações mais seguras das distribuições diamétricas.

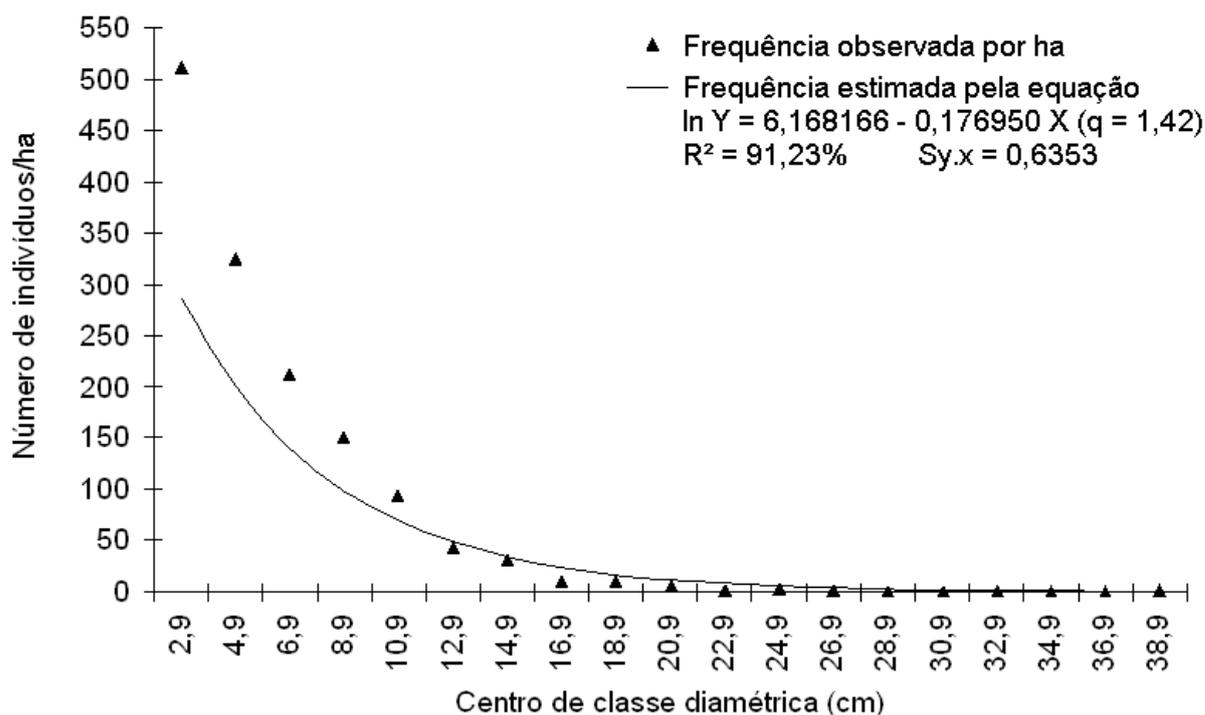


Figura 7: Curva de distribuição diamétrica, observada e estimada, em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.

As variações no quociente “q”, entre as classes diamétricas, indicam taxas de recrutamento e mortalidade variáveis (SILVA JÚNIOR, 2004). Quando a série de classes diamétricas é interrompida ou truncada em qualquer um dos extremos, o ciclo de vida não está se completando e a espécie geralmente não pode ser considerada em equilíbrio no habitat, já que populações em equilíbrio apresentam distribuição de frequência das classes de diâmetro aproximadamente balanceada (KURTZ; ARAÚJO, 2000).

A distribuição diamétrica de *Poincianella bracteosa* (Figura 8A), *Mimosa ophthalmocentra* (Figura 8B), *Aspidosperma pyrifolium* (Figura 8C) apresentaram déficit de árvores nas classes iniciais e superávit nas classes centrais de diâmetro, comparados a distribuição teórica. Dentre as espécies de maior VI, *Mimosa ophthalmocentra* foi a que apresentou menor diâmetro máximo, não ultrapassando 14 cm de DAP. O comportamento de *Myracrodum urundeuva* demonstrou déficit na maioria das classes de diâmetro (Figura 8D). *Cnidoscolus quercifolius* (Figura 8E) e *Anadenanthera colubrina* (Figura 8F) demonstraram ausência de indivíduos em algumas classes diamétricas.

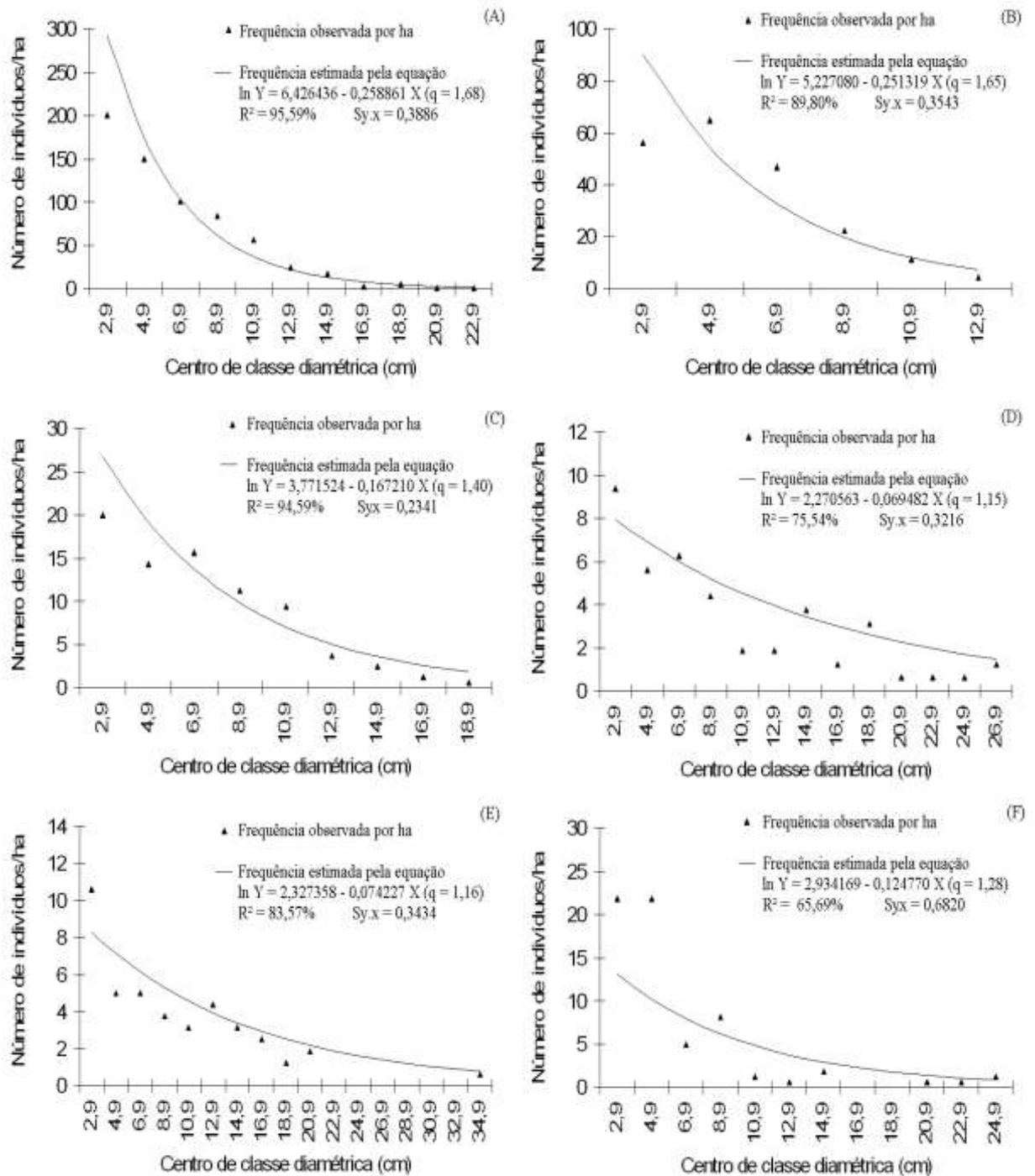


Figura 8: Curvas de distribuição diamétrica, observada e estimada, das espécies *Poincianella bracteosa* (Tul.) L.P. Queiroz (A), *Mimosa ophthalmocentra* Mart. Ex Benth. (B), *Aspidosperma pyrifolium* Mart. (C) *Myracrodum urundeuva* (Engl.) Fr. All. (D), *Cnidocolus quercifolius* Pohl (E) e *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb. Altschul (F), em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE

### 4.3. Regeneração Natural

Das 40 unidades amostrais, em 37 haviam indivíduos dentro do nível de inclusão no levantamento dos regenerantes. Foram identificadas 15 espécies pertencentes a sete famílias botânicas (Tabela 12).

Comparado ao levantamento das espécies adultas, as espécies *Cordia Leucocephala*, *Capparis flexuosa*, *Capparis Jacobinae*, *Erytroxylum sp.*, *Cnidosculus bahianus*, *Croton blanchetianus*, *manihot glaziovii*, *Sapium lanceolatum*, *Piptadenia stipulacea*, *Erythostemon calycina* e *Ziziphus joazeiro* não apresentaram indivíduos regenerantes. A maioria destas espécies demonstraram baixa densidade de indivíduos por hectare, o que pode ter dificultado sua amostragem na regeneração.

Índice de diversidade de Shannon-Weaver (H'), que foi de 1,91 nats.ind.<sup>-1</sup>, o Índice de uniformidade de Pielou (E), com valor de 0,705. Para Índice de dominância de Simpson (D) o valor foi 0,771 e o Coeficiente de Mistura de Jentsch (QM) igual a 0,072.

Tabela 12: Listagem florística da regeneração natural, de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE

Família	Espécie	Nome local
Anacardiaceae	<i>Myracrodum urundeuva</i> . (Engl.) Fr. All.	aroeira
	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	baraúna
	<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Câm.	umbuzeiro
Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyriformium</i> Mart.	pereiro
Burseraceae	<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett	imburana de cambão
Combretaceae	<i>Thiloa glaucocarpa</i> (Mart.) Eichl.	sipaúba
Euphorbiaceae	<i>Cnidosculus quercifolius</i> Pohl	faveleira
	<i>Croton rhamnifolius</i> H.B.K.	quebra faca
	<i>Jatropha mollissima</i> Muell. Arg.	pinhão bravo
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i> (Griseb.) Altschul	angico
	<i>Bauhinia cheilanta</i> (Bong). Steud.	mororó
	<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.	jurema de embira
	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	jurema preta
	<i>Poincianella bracteosa</i> (Tul.) L.P.Queiroz	catingueira
Olacaceae	<i>Ximenia americana</i> L.	ameixa

As famílias Euphorbiaceae, Anacardiaceae e Fabaceae contribuíram com a maioria das espécies da área. Estas famílias também apresentaram o maior número de espécies em outros estudos sobre regeneração natural na caatinga (PEREIRA et al., 2001; ANDRADE et al., 2007).

Fabricante e Andrade (2008), pesquisando com indivíduos regenerantes na caatinga no Serído paraibano encontraram 15 espécies e sete famílias botânicas. Alves et al. (2010), pesquisando regeneração natural em uma área de caatinga em Pombal-PB sob pastejo de bovinos no período seco, identificaram 13 espécies e sete famílias botânicas. Em uma área com três níveis de perturbação, no agreste paraibano, foram encontradas 17 famílias e 26 espécies regenerantes (PEREIRA et al., 2001). Andrade et al. (2007), na Paraíba, estudando campos abandonados de sisal (*Agave sisalana* Perrine ex Engelm.) a aproximadamente 30 anos, contabilizaram 16 famílias botânicas e 31 espécies.

Comparado ao levantamento das espécies adultas, as espécies *Cordia Leucocephala*, *Capparis flexuosa*, *Capparis Jacobinae*, *Erytroxylum sp.*, *Cnidoscopus bahianus*, *Croton blanchetianus*, *manihot glaziovii*, *Sapium lanceolatum*, *Piptadenia stipulacea*, *Erythostemon calycina* e *Ziziphus joazeiro* não apresentaram indivíduos regenerantes.

As espécies que apresentaram maior destaque por classe foram: *Bauhinia cheilanta*, *Poincianella bracteosa* e *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* com 70% da Regeneração Natural da Classe 1 (RNC1) e Densidade Relativa (DR) de 78,72% da classe I; *Bauhinia cheilanta*, *Poincianella bracteosa* e *Jatropha mollissima* com 73,50% da RNC2 e DR de 78,72% da classe II; *Bauhinia cheilanta* e *Poincianella bracteosa* com 77,78% da RNC3 e DR de 80,56% da classe III; e *Bauhinia cheilanta*, *Poincianella bracteosa* e *Croton rhamnifolius* com 72,12% da RNC4 e DR de 75,00% da classe IV (Tabela 13).

A espécie *Mimosa tenuiflora* apresentou indivíduos apenas na primeira classe de tamanho, para *Spondias tuberosa* e *Commiphora leptophloeos* foi amostrado um único indivíduo na classe II e III, respectivamente, e *Myracrodum urundeuva* e *Schinopsis brasiliensis* apenas apresentaram indivíduos na classe de maior tamanho. Este comportamento demonstra que algumas espécies não dispõem de recrutamentos contínuos.

Tabela 13: Classes de regeneração natural em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: N – número de indivíduos; RNC(i) – regeneração natural na classe i; RNT – regeneração natural total, em porcentagem.

<b>Espécie</b>	<b>N</b>	<b>RNC1</b>	<b>RNC2</b>	<b>RNC3</b>	<b>RNC4</b>	<b>RNT (%)</b>
<i>Bauhinia cheilanta</i>	82	32,62	39,30	42,36	31,92	36,55
<i>Poincianella bracteosa</i>	49	22,81	25,17	35,42	22,79	26,55
<i>Anadenanthera colubrina</i>	17	14,48	8,19	0,00	3,17	6,46
<i>Jatropha molíssima</i>	7	7,68	9,03	3,47	1,59	5,44
<i>Croton rhamnifolius</i>	15	0,00	0,00	3,47	17,40	5,22
<i>Aspidosperma pyriformium</i>	8	5,97	7,11	3,47	1,59	4,53
<i>Thiloa glaucocarpa</i>	8	3,84	5,18	4,86	3,17	4,26
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	5	3,84	0,00	0,00	5,38	2,31
<i>Ximenia americana</i>	3	0,00	3,01	3,47	1,59	2,02
<i>Cnidoscolus quercifolius</i>	3	3,84	0,00	0,00	2,21	1,51
<i>Myracrodum urundeuva</i>	5	0,00	0,00	0,00	6,01	1,50
<i>Mimosa tenuiflora</i>	2	4,91	0,00	0,00	0,00	1,23
<i>Commiphora leptophloeos</i>	1	0,00	0,00	3,47	0,00	0,87
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	2	0,00	0,00	0,00	3,17	0,79
<i>Spondias tuberosa</i>	1	0,00	3,01	0,00	0,00	0,75
<b>Total</b>	<b>208</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

A distribuição espacial evidenciou a característica da maioria das espécies, de ocorrerem agrupadas ou com tendência ao agrupamento (Tabela 14). Martins et al. (2003), comentaram ser comum a ocorrência deste fato em formações tropicais, onde espécies mais abundantes surgem agrupadas ou com tendência ao agrupamento.

Tabela 14: Distribuição espacial da regeneração natural das espécies amostradas no inventário florestal de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: IGA: Índice de Agregação de McGuinness;

<b>Espécies</b>	<b>IGA</b>	<b>Padrão</b>
<i>Anadenanthera colubrina</i>	5,45	agregado
<i>Aspidosperma pyriformium</i>	1,90	tende ao agrupamento
<i>Bauhinia cheilanta</i>	4,01	agregado
<i>Cnidoscolus quercifolius</i>	1,46	tende ao agrupamento
<i>Commiphora leptophloeos</i>	0,99	uniforme
<i>Croton rhamnifolius</i>	1,30	tende ao agrupamento
<i>Jatropha molíssima</i>	1,08	tende ao agrupamento
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	1,19	tende ao agrupamento
<i>Mimosa tenuiflora</i>	1,97	tende ao agrupamento
<i>Myracrodum urundeuva</i>	1,60	tende ao agrupamento
<i>Poincianella bracteosa</i>	1,80	tende ao agrupamento
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	0,97	uniforme
<i>Spondias tuberosa</i>	0,99	uniforme
<i>Thiloa glaucocarpa</i>	2,57	agregado
<i>Ximenia americana</i>	2,96	agregado

A área de estudo apresentou densidade estimada de 2.080 ind. ha<sup>-1</sup>. Alves et al. (2010), estimaram densidade absoluta de 4.272 ind. ha<sup>-1</sup>, em uma área dominada por *Croton blanchetianus*. Fabricante e Andrade (2008), no município de Santa Luzia no Seridó, estimaram 2.823 ind.ha<sup>-1</sup>. Pereira et al. (2001), pesquisando no município de Areias, no agreste do estado, identificaram 6.750, 5.500 e 5.100 ind.ha<sup>-1</sup>. para os ambientes I, II e III, respectivamente.

Sampaio et al. (1998), pesquisando uma área de caatinga em Serra talhada, após corte e queima, verificou que a espécie *Croton blanchetianus* sobressaiu entre as demais espécies no local. O mesmo ocorrendo em uma área de caatinga antropizada, exploração de madeira e retirada do estrato inferior formado por *Bromelia laciniosa* Mart. ex Shult. (macambira) (PEREIRA et al., 2001).

Considerando todas as classes de regeneração, as espécies *Bauhinia cheilanta* e *Poincianella bracteosa* apresentaram maiores valores de densidade, além de estarem presente em todas as classes de regeneração natural.

Os indivíduos apresentaram uma distribuição semelhante nas duas primeiras classe de altura e um aumento na classe IV (Figura 9).

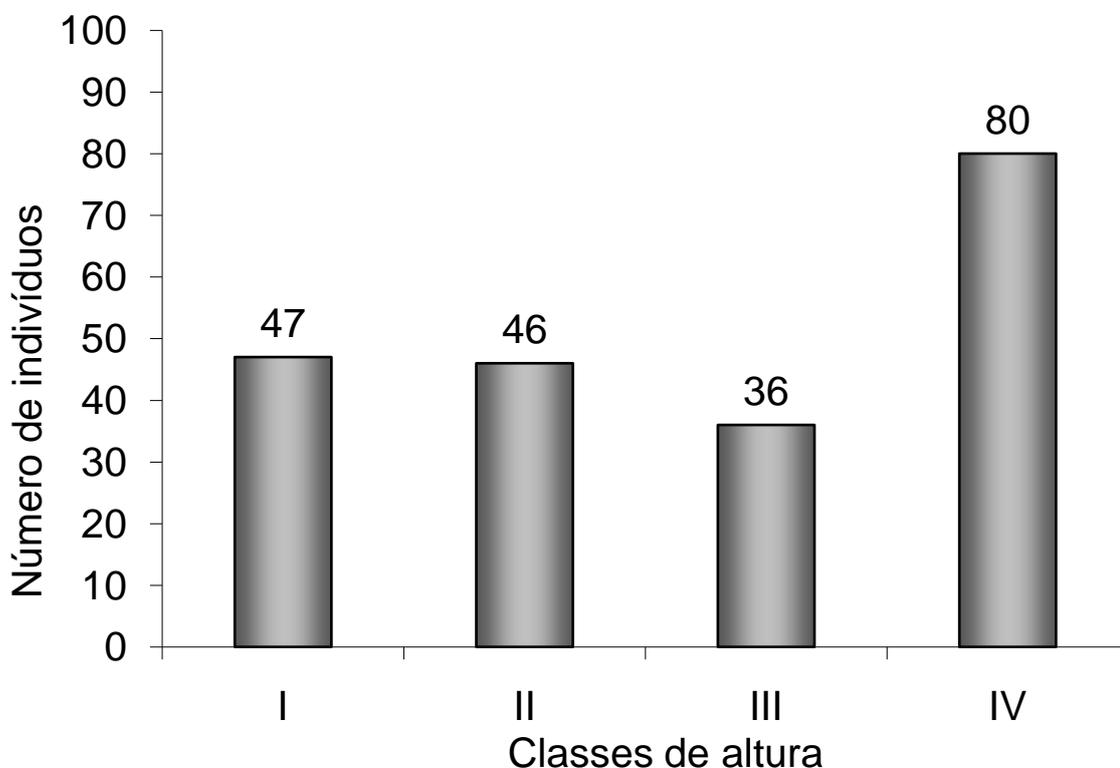


Figura 9: Número de indivíduos amostrados por classe de tamanho da regeneração natural em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: classe I = 20 – 50 cm; classe II = 51 – 100 cm; classe III = 101 – 150 cm; classe IV = maior que 151 cm e menores que 6 cm de circunferência a altura do peito (CAP)

#### 4.4. Estratificação da Área

##### 4.4.1. Análise de agrupamento e discriminante

Os dados do inventário florestal referente a 40 parcelas proporcionaram uma média de 56 árvores e número de espécies variando de cinco a 13. As árvores apresentaram altura dominante média por parcela de 5,6 m (Tabela 16).

Tabela 16: Variáveis dendrométricas utilizadas para análise multivariadas da vegetação, dados por parcela, de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: N: número de indivíduos; FUST: número de fuste; S: número de espécie; DAP: DAP equivalente médio, m; H: altura média, m; G: área basal, m<sup>2</sup>; V: volume, m<sup>3</sup>.

Variável	Média	Desvio Padrão.	Valor Mínimo	Valor Máximo
N	56,15	21,8885	21	112
FUST	147,6	44,3539	76	292
S	9,075	2,2462	5	13
DAP	0,045	0,0094	0,0314	0,0719
H	4,119	0,5486	3,0889	5,5615
G	0,234	0,0824	0,0828	0,4623
V	0,861	0,3851	0,2491	1,9438

A matriz de correlação entre as variáveis demonstra a forte correlação, entre volume, área basal e DAP. Correlação esperada, em virtude do cálculo do volume e área basal utilizar a variável DAP. Correlação negativa foi verificada entre o número de árvores com DAP e Altura (Tabela 16).

Tabela 17: Matriz de correlação entre as variáveis da vegetação, dados por parcela, de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: N: número de indivíduos; FUST: número de fuste; S: número de espécie; DAP: DAP médio; H: altura média; G: área basal, m<sup>2</sup>; V: volume, m<sup>3</sup>.

Variável	N	FUST	S	DAP	H	G	V
N	1	0,673205	0,342923	-0,109560	-0,112260	0,340699	0,247520
FUST		1	0,001596	-0,488660	-0,177090	0,118630	-0,012950
S			1	0,335750	0,202467	0,378088	0,414072
DAP				1	0,513420	0,792128	0,835541
H					1	0,473636	0,637299
G						1	0,956503
V							1

Os três primeiros componentes principais apresentaram acumulação de 87,79% da variação total (Tabela 18). O grau de distorção sofrido na redução da dimensão foi de 12,21%, considerado satisfatório. Utilizando os escores referentes aos três primeiros componentes, realizaram-se as análises de agrupamento e discriminante.

Tabela 18: Estimativas das variâncias (autovalores) associadas aos componentes principais e suas importâncias relativas acumuladas

<b>Componentes principais</b>	<b>Autovalor</b>	<b>Proporção da Variância (%)</b>	<b>Autovalor Cumulativo</b>	<b>Proporção Acumulada da Variância (%)</b>
1	3,387215	48,39	3,387215	48,39
2	1,946938	27,81	5,334153	76,20
3	0,811298	11,59	6,145451	87,79
4	0,585714	8,37	6,731165	96,16
5	0,232078	3,32	6,963243	99,47
6	0,025054	0,36	6,988297	99,83
7	0,011703	0,17	7,000000	100,00

Com o primeiro eixo da ACP, explicando 48,39% da variação dos dados, apresentando as variáveis área basal, volume e DAP bem representadas, observa-se também uma sobreposição dos efeitos entre as variáveis Altura e Diâmetro, no plano fatorial 1, 2. As variáveis, número de fuste e de árvores, apresentaram –se fortemente correlacionadas, ficando responsáveis pelas variações ao longo do segundo eixo, que são consideradas de significação média, 27,81% (Figura 10A). Os grupos de parcelas apresentaram sobreposições, enquanto outros se demonstraram isolados (Figura 10B). O eixo 3, explicando 11, 59% da variação, mostrou-se relacionado apenas com o número de espécie (Figura 11A e 12A) e pouco contribuiu para a separação das parcelas nos agrupamentos (Figura 11B e 12B)

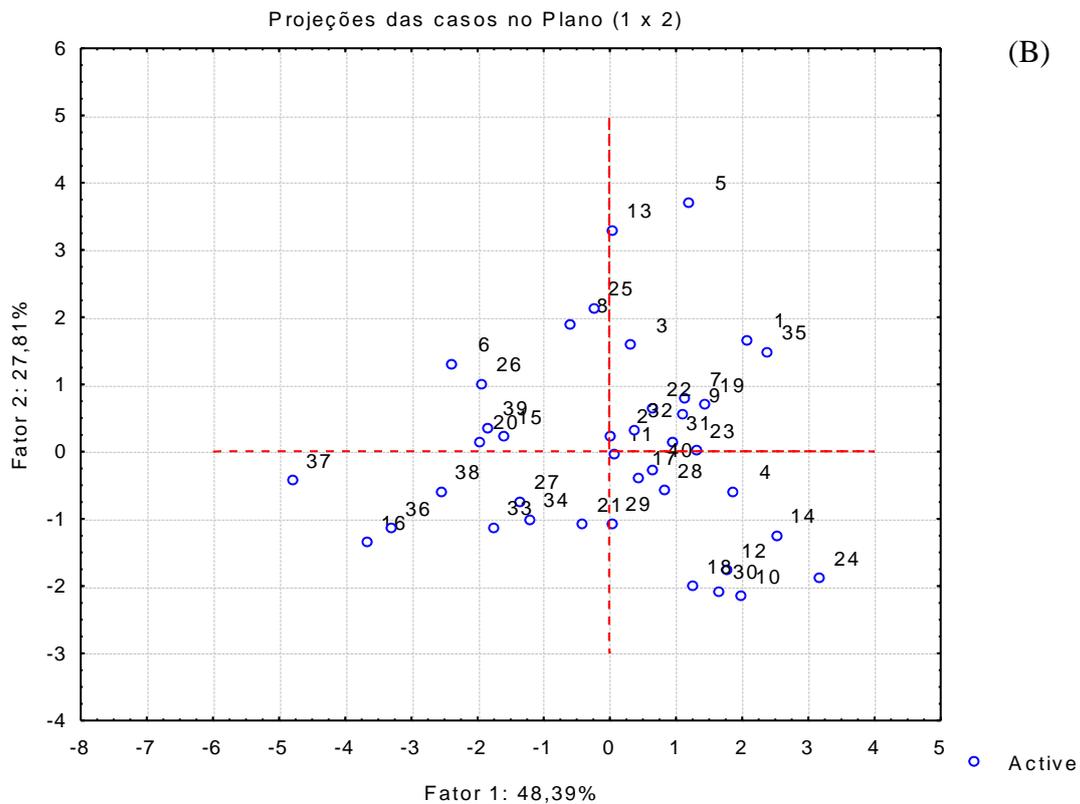
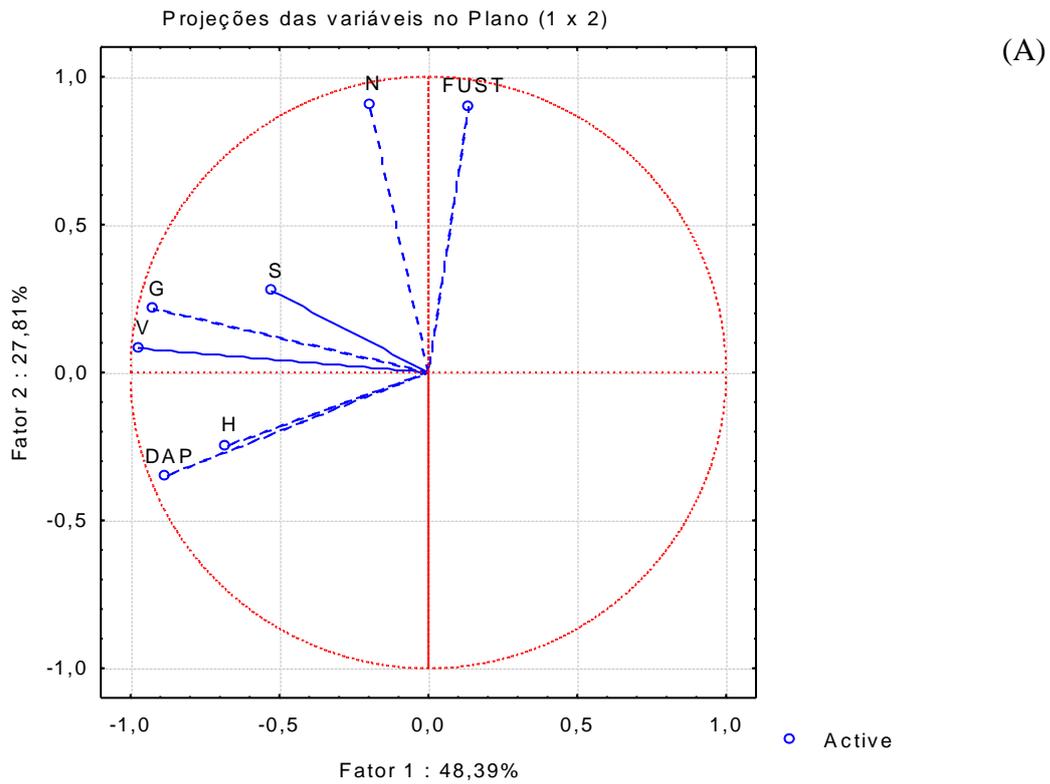


Figura 10: Análise de componentes principais de variáveis dendrométricas da vegetação para as 40 parcelas amostrais, projeção no plano factorial 1 x 2. (A) Círculo de autovetores das variáveis (N: número de indivíduos; FUST: número de fuste; S: número de espécie; DAP: DAP médio, m; H: altura média, m; G: área basal, m<sup>2</sup>; V: volume, m<sup>3</sup>). (B) Plano de dispersão das parcelas

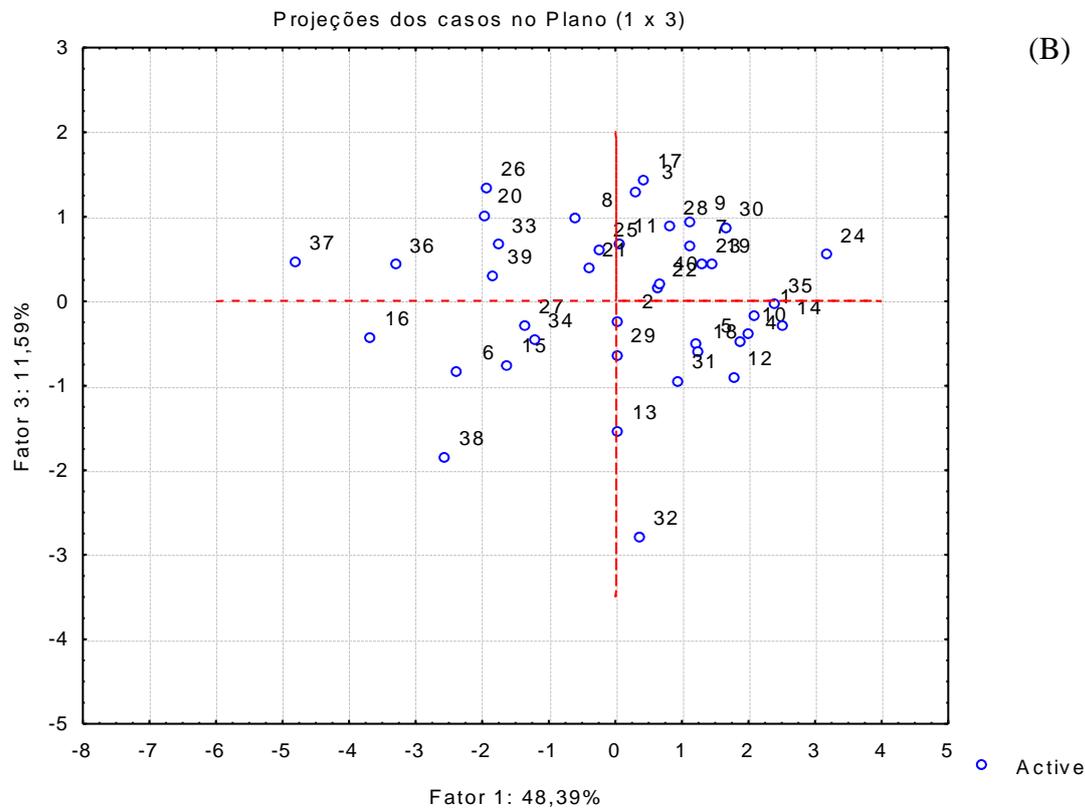
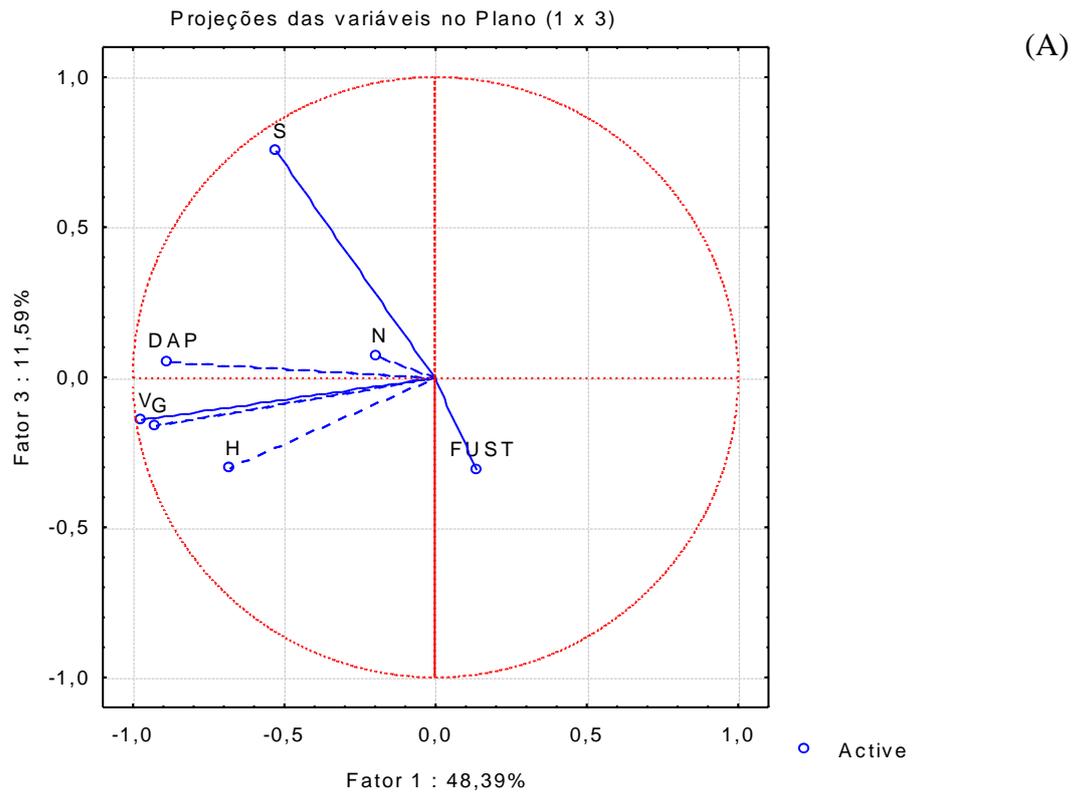


Figura 11: Análise de componentes principais de variáveis dendrométricas da vegetação para as 40 parcelas amostrais, projeção no plano fatorial 1 x 3. (A) Círculo de autovetores das variáveis (N: número de indivíduos; FUST: número de fuste; S: número de espécie; DAP: DAP médio; H: altura média; G: área basal, m<sup>2</sup>; V: volume, m<sup>3</sup>). (B) Plano de dispersão das parcelas

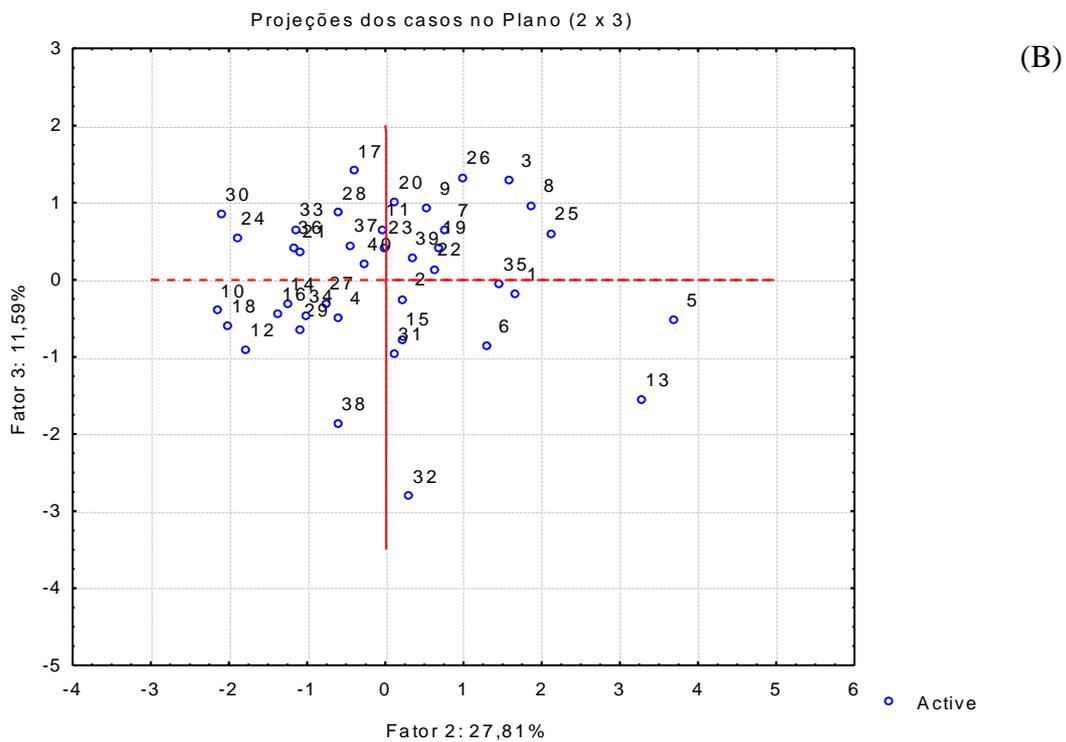
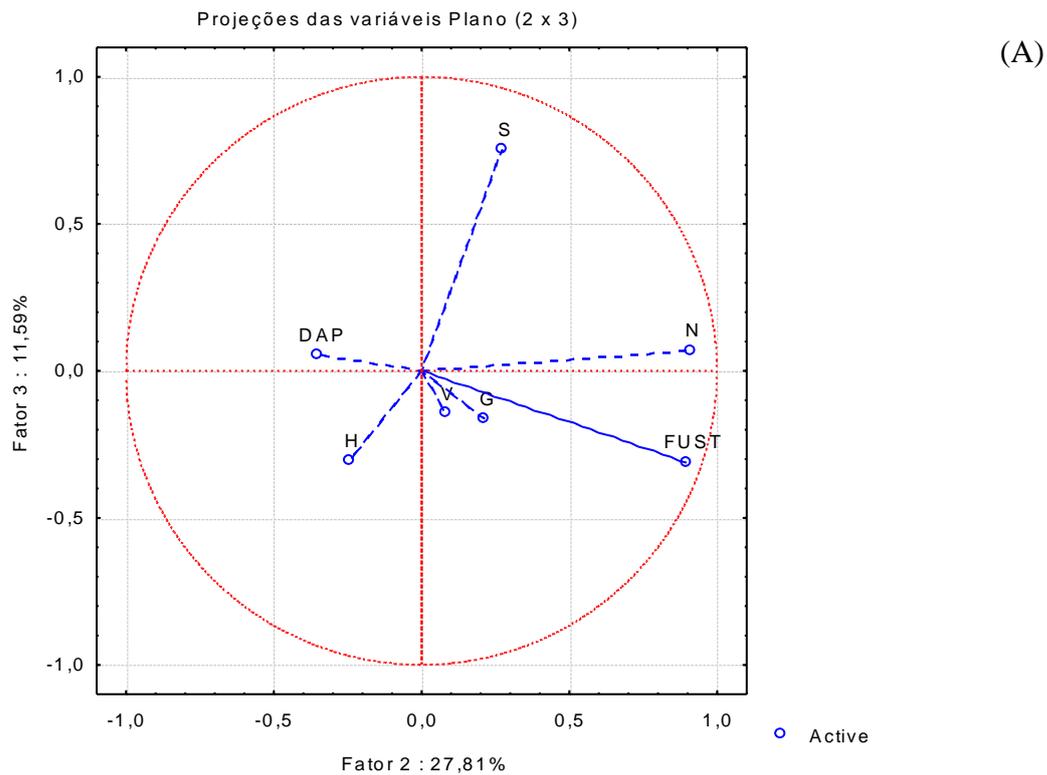


Figura 12: Análise de componentes principais de variáveis dendrométricas da vegetação para as 40 parcelas amostrais, projeção no plano fatorial 2 x 3. (A) Círculo de autovetores das variáveis (N: número de indivíduos; FUST: número de fuste; S: número de espécie; DAP: DAP médio; H: altura média; G: área basal, m<sup>2</sup>; V: volume, m<sup>3</sup>). (B) Plano de dispersão das parcelas

Com a aplicação da análise de agrupamento, considerando a formação de seis grupos (Figura 13). Ressalta-se a dificuldade de obtenção de poucos grupos homogêneos, visto que, a vegetação de caatinga apresenta um grau de heterogeneidade particular, acarretando a diversificada florística das fitofisionomias da caatinga.

Rodal et al. (2008b) supuseram que pequenas mudanças nos habitats, como proximidade de serras e riachos, dentro de uma mesma unidade ambiental, possam explicar em parte a heterogeneidade fisionômica da caatinga *sensu stricto*. No entanto, esta heterogeneidade em escala de paisagem foi verificada em uma escala menor na área em estudo.

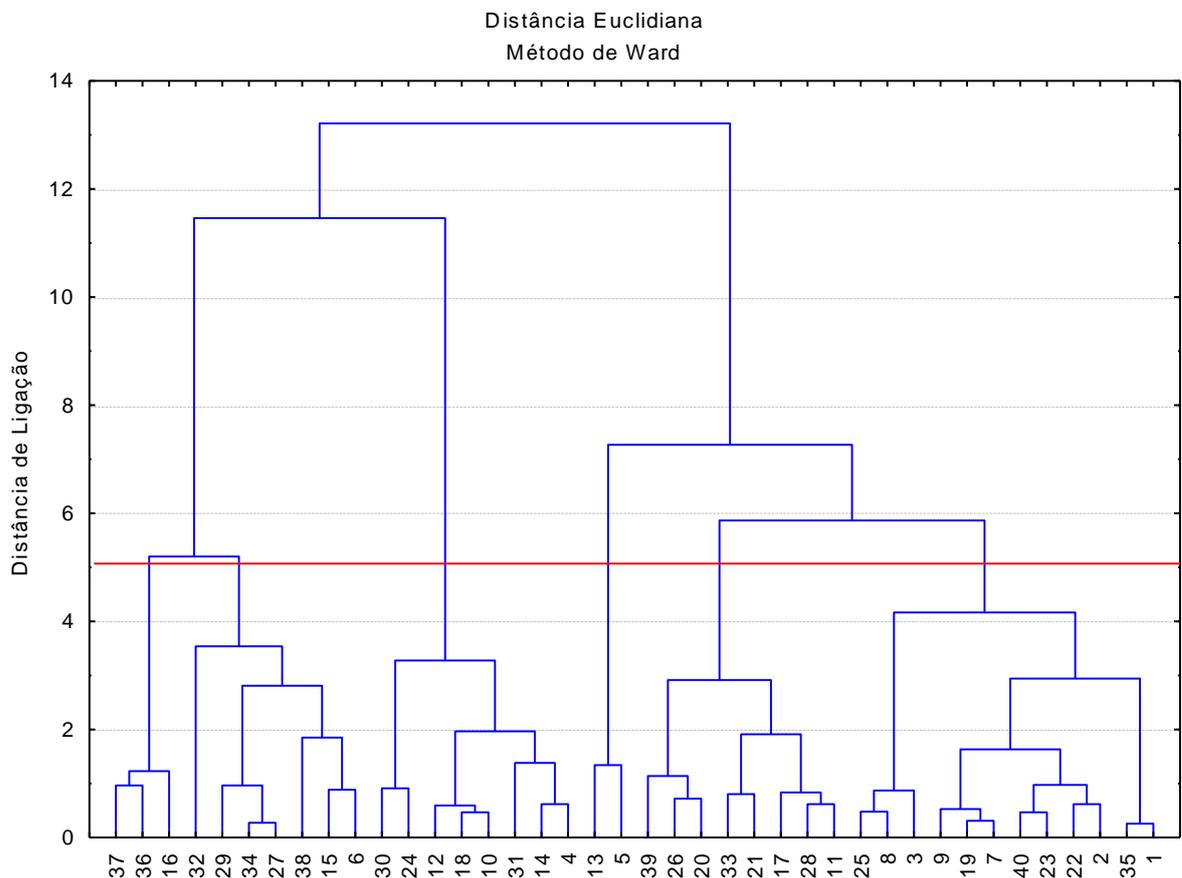


Figura 13: Dendrograma representando a sequência de agrupamento das 40 parcelas, obtidas pelo método de Ward, com base na distância euclidiana.

Tabela 19: Análise da função discriminante dos três primeiros fatores. Número de variáveis do modelo: 3; Agrupamento: 6 grupos. Wilks' Lambda: 0,02304 approx. F (15,88)=17,268 p<0,0000

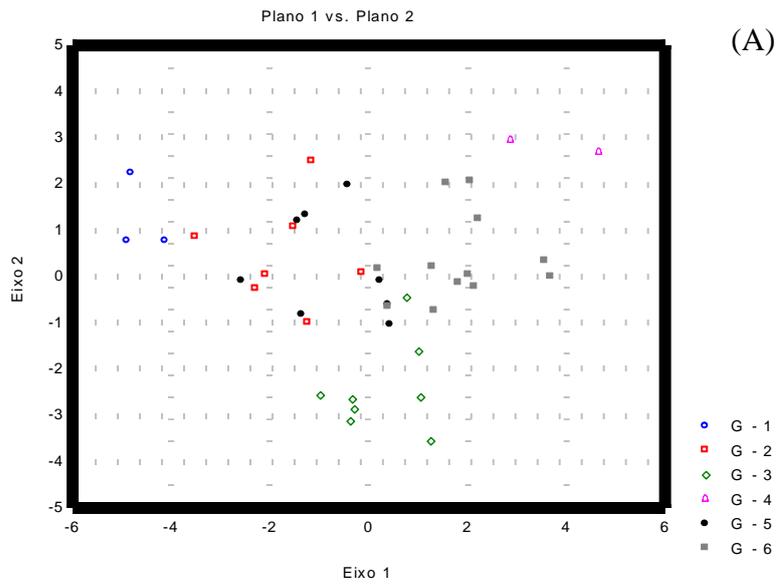
N= 40	Wilks' lambda	Partial lambda	F-Remove (5,32)	P-Level	Toler.	1-Torer. (R-Sqr.)
F1	0,106638	0,216093	23,21685	0,00000000087	0,914699	0,085301
F2	0,094139	0,244785	19,74536	0,00000000605	0,916427	0,083573
F3	0,058105	0,396587	9,73769	0,00001001574	0,991108	0,008892

A pertinência dos seis grupos obtidos na análise de agrupamento foi verificada por meio de análise discriminante, verificando 100% de classificação correta (Tabela 20). Tal técnica mostrou-se importante para avaliar classificações em pesquisas florestais, como expostos em Souza et al. (1990), Metzger et al. (1998), Gerhardt et al. (2001), Sousa et al. (2003), Santos et al. (2004), Souza et al. 2009.

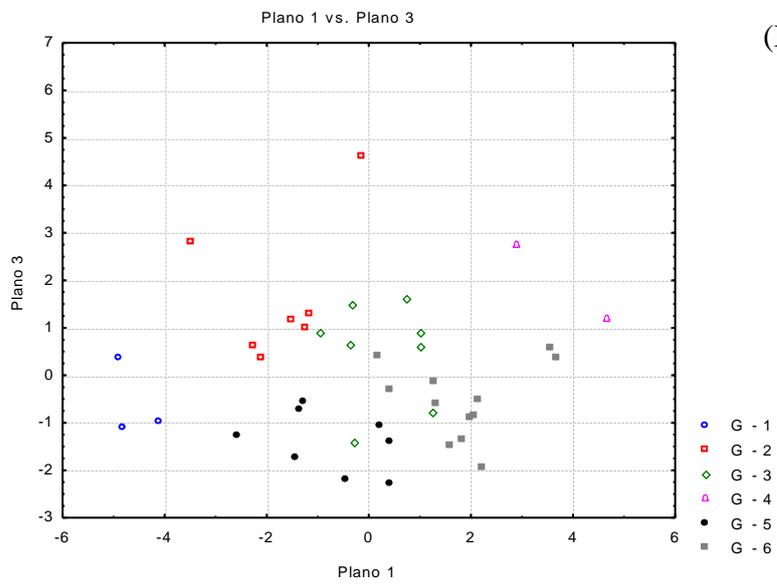
Tabela 20: Classificação correta, probabilidade de classificação e número de parcelas em cada grupo.

Grupos	% correto	G1 p=0,075	G 2 p=0,175	G 3 p=0,200	G 4 p= 0,050	G 5 p= 0,200	G 6 p= 0,300
G 1	100	3	0	0	0	0	0
G 2	100	0	7	0	0	0	0
G 3	100	0	0	8	0	0	0
G 4	100	0	0	0	2	0	0
G 5	100	0	0	0	0	8	0
G 6	100	0	0	0	0	0	12
Total	100	3	7	8	2	8	12

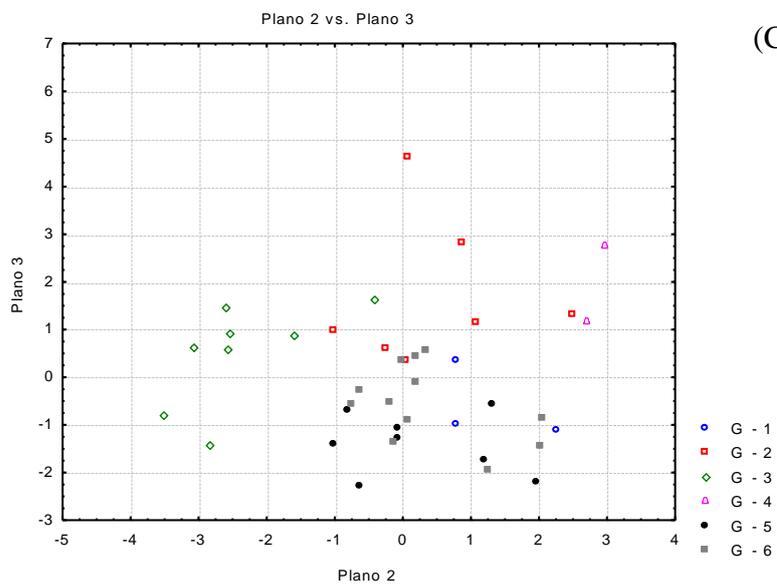
O plano 1 caracterizou melhor os agrupamentos G1 e G6. Enquanto os grupos G3, G4 e G3, G5 apresentaram melhor visualizados no plano 2 e plano 3, respectivamente (Figura 14A, 14B e 14C). Algumas características estruturais dos agrupamentos ajudam a explicar a disposição dos agrupamentos em campo. O agrupamento G1 apresentou maiores valores de volume e número de espécie. A altura dominante comportou-se com menor variação no G2. O agrupamento G3 destacou-se pelo baixo número de árvores. O número de fustes do agrupamento G4 foi o mais elevado.



(A)



(B)



(C)

Figura 14: Ordenamento dos agrupamentos com base nos planos 1,2 (A), 1,3 (B) e 2,3 (C).

## 4.5. Volume e Biomassa Verde

### 4.5.1. Volume e biomassa verde para todas as espécies

Foram colhidas e cubadas 629 árvores e, destas, 506 foram pesadas (Tabelas 21 e 22). Após a retirada das árvores-amostras consideradas extremas ou “outliers”, foram utilizadas para o ajustes dos modelos para estimar volume e biomassa verde 603 e 485 árvores, respectivamente, para volume e biomassa verde.

Tais árvores comportam-se como “outliers” entre os dados, que é uma característica comum em relações que envolvem variáveis biológicas (RESENDE, et al. 2006). Pode-se considerar que esses “outliers” sejam decorrentes, provavelmente da grande diversidade de formas de fustes e copas dos indivíduos arbóreos da caatinga, sendo uma característica típica da vegetação ou indivíduos remanescentes de outros estágios sucessionais da vegetação, provocados pela ação antrópica, muito comum em toda região.

Tabela 21: Distribuição em classes de CAP das árvores amostras para determinação do volume (m<sup>3</sup>), por espécies de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE

Espécie	CAP (cm)									Total
	6,0-15,9	16,0-25,9	26,0-35,9	36,0-45,9	46,0-55,9	56,0-65,9	66,0-75,9	76,0-85,9	86,0-95,9	
<i>Anadenanthera colubrina</i>	6	1	4 (1)	5		1				17 (1)
<i>Erythrostemon calycina</i>	3									3
<i>Poincianella bracteosa</i>	164	104 (5)	22 (4)	5 (3)						295 (12)
<i>Cnidoscolus quercifolius</i>		1	2		2 (1)					5 (1)
<i>Cnidoscolus bahianus</i>	6	1								7
<i>Commiphora leptophloeos</i>		1	2			1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	7 (4)
<i>Piptadenia stipulacea</i>	15	6 (1)								21 (1)
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	77 (1)	4								81 (1)
<i>Mimosa tenuiflora</i>	8	8 (1)	2 (1)	3 (1)	1					22 (3)
<i>Manihot glaziovii</i>	1	1	1	1						4
<i>Bauhinia cheilanta</i>	19									19
<i>Aspidosperma pyriformium</i>	31	12 (2)	2 (1)							45 (3)
<i>Jatropha mollissima</i>	5									5
<i>Croton rhamnifolius</i>	91									91
<i>Thiloa glaucocarpa</i>	7									7
Total	433 (1)	139 (9)	35 (7)	14 (4)	3 (1)	2 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	629 (22)

(\*) número entre parênteses quantidade não utilizadas nos ajustes dos modelos de volume por terem sido considerados "outliers" na análise de regressão.

Tabela 22: Distribuição em classes de CAP das árvores amostras para determinação da biomassa verde (kg), por espécies de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE

Espécie	CAP(cm)									Total
	6,0-15,9	16,0-25,9	26,0-35,9	36,0-45,9	46,0-55,9	56,0-65,9	66,0-75,9	76,0-85,9	86,0-95,9	
<i>Anadenanthera colubrina</i>	6	1	4 (1)	5		1				17 (1)
<i>Erythrostemon calycina</i>	3									3
<i>Poincianella bracteosa</i>	114	71 (4)	14 (4)	3 (2)						202 (10)
<i>Cnidoscolus quercifolius</i>		1	2 (1)		2					5 (1)
<i>Cnidoscolus bahianus</i>	6	1								7
<i>Commiphora leptophloeos</i>		1	2			1 (1)	1 (1)	1	1 (1)	7 (3)
<i>Piptadenia stipulacea</i>	15	6								21
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	77	4								81
<i>Mimosa tenuiflora</i>	8	8	2 (1)	3 (1)	1					22 (2)
<i>Manihot glaziovii</i>	1	1	1	1						4
<i>Bauhinia cheilanta</i>	19									19
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	31 (1)	12 (2)	2 (1)							45 (4)
<i>Jatropha mollissima</i>	5									5
<i>Croton rhamnifolius</i>	61									61
<i>Thiloa glaucocarpa</i>	7									7
<b>Total</b>	<b>353 (1)</b>	<b>106 (6)</b>	<b>27 (8)</b>	<b>12 (3)</b>	<b>3</b>	<b>1 (1)</b>	<b>1 (1)</b>	<b>1</b>	<b>1 (1)</b>	<b>506 (21)</b>

(\*) número entre parênteses quantidade não utilizados no ajustes dos modelos de biomassa verde por terem sido considerados "outliers" na análise de regressão.

#### 4.5.1.1. Volume de todas as espécies

A altura das espécies variaram de 2 a 9,1 m e CAP de 6 a 86 cm. As árvores tiveram no máximo 35 galhos e o volume dos mesmos apresentaram parte considerável do volume total das árvores amostras (Tabela 23).

Tabela 23: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionados ao volume observado de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos; CG: circunferência na base do maior galho; VG: volume de galho (m<sup>3</sup>); VF: volume do fuste (m<sup>3</sup>); VT: volume total (m<sup>3</sup>).

Parâmetros	CAP	H	NG	CG	VG	VF	VT
Média	0,1445	4,0299	1,3084	0,0588	0,0035	0,0058	0,0094
Erro padrão	0,0038	0,0435	0,1216	0,0035	0,0008	0,0005	0,0012
CV%	65,53	27,09	233,15	147,46	544,77	215,42	328,05
Desvio padrão	0,0947	1,0918	3,0506	0,0866	0,0193	0,0125	0,0307
EA%	10,45	4,32	37,18	23,52	86,89	34,36	52,32
Variância da amostra	0,0090	1,1920	9,3060	0,0075	0,0004	0,0002	0,0009
Curtose	14,4343	2,6375	42,4398	3,3062	206,7272	62,2589	140,8963
Assimetria	2,9935	1,2880	5,3672	1,6441	12,9640	7,0531	10,5919
Intervalo	0,8	7,1	35	0,51	0,35926	0,15058	0,5098
Mínimo	0,06	2	0	0	0	0,00041	0,0004
Máximo	0,86	9,1	35	0,51	0,35926	0,15099	0,5103
Soma	90,88	2534,78	823	36,96	2,22689	3,66075	5,8876
Contagem	629	629	629	629	629	629	629
Nível de confiança (95,0%)	0,0074	0,0855	0,2389	0,0068	0,0015	0,0010	0,0024

O coeficiente de variação variou de 43,10 a 111,69%, apresentando valores de  $R^2_{aj}$ , entre 0,6901 e 0,9939. Com relação ao  $S_{yx}$ , os valores variaram de 0,00268 a 0,00694. Analisando as medidas de precisão, observou-se que o modelo 9  $V_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 + \beta_2 \cdot CG_i^2 + \beta_3 \cdot NG_i^2 + \varepsilon_i$  ( $R^2= 95,39\%$ ,  $S_{yx}= 0,00268$  e  $CV= 43,10\%$ ) apresentou melhor desempenho para estimar o volume da vegetação que os demais modelos. Os modelos de Schumacher-Hall, Spurr e Silva não se ajustaram bem aos dados (Tabela 24).

Resende et al. (2006), pesquisando equações para ajustes de volume em áreas de cerrado, descreveram que o volume das árvores apresentaram coeficiente

de determinação variando de 0,948 a 0,980 e erro percentual de 25,03 a 30,24%. Observaram também a variabilidade natural existente na estrutura da vegetação e nas formas dos troncos das espécies lenhosas desta fitofisionomia, ocasionando um maior número de “outliers” nos gráficos de volume e conseqüentemente influenciando o erro médio absoluto. Segundo esses autores, erros entre 15 e 30% em ajustes dos dados de diâmetro e altura dos indivíduos arbóreos para volume e equações regionalizadas podem ser consideradas plenamente aceitáveis.

Tabela 24: Estimativas dos parâmetros e medidas de precisão das equações testadas para a estimativa de volume de espécies de um área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.

Eq.	Coeficientes				R <sup>2</sup> <sub>aj</sub> (%)	S <sub>yx</sub>	CV (%)
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$			
1	-0,011857	0,608001	0,043796	0,265304	69,01	0,00694	111,69
2	-0,008871	0,526404	0,005657	0,443507	76,62	0,00604	97,00
3	-0,001624	0,001281	0,582082	0,440188	90,53	0,00383	61,74
4	-0,001034	0,708938	-0,027249	0,334144	87,79	0,00435	70,09
5	-0,000310	0,744261	-0,021965	0,310920	91,75	0,00358	57,61
6	-0,001929	0,697804	-0,091891	0,404826	87,98	0,00432	69,56
7	0,000363	0,931446			86,84	0,00454	73,12
8	0,020829	1,799468	1,360720		86,93	0,00447	72,02
9	0,000356	0,596274	0,225871	0,249743	95,39	0,00268	43,10
10	-0,001912	-1,631024	1,586859		87,65	0,00439	70,77
11	-0,001647	0,723716	0,308185		90,56	0,00389	62,60
12	-0,001943	0,808381	0,194620		87,15	0,00447	72,48

Em que: Eq. = equações;  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$  = coeficientes das equações; R<sup>2</sup><sub>aj</sub> = coeficiente de determinação ajustado; S<sub>yx</sub> = erro padrão da estimativa; CV = coeficiente de variação; Modelos das equações, ver tabela 4.

Foi observada uma tendência a subestimação do volume das árvores de menor diâmetro, com alguns valores superestimados pelas equações. As equações 8 e 9 tiveram a distribuição dos resíduos mais uniforme em relação as demais (Figura 15).

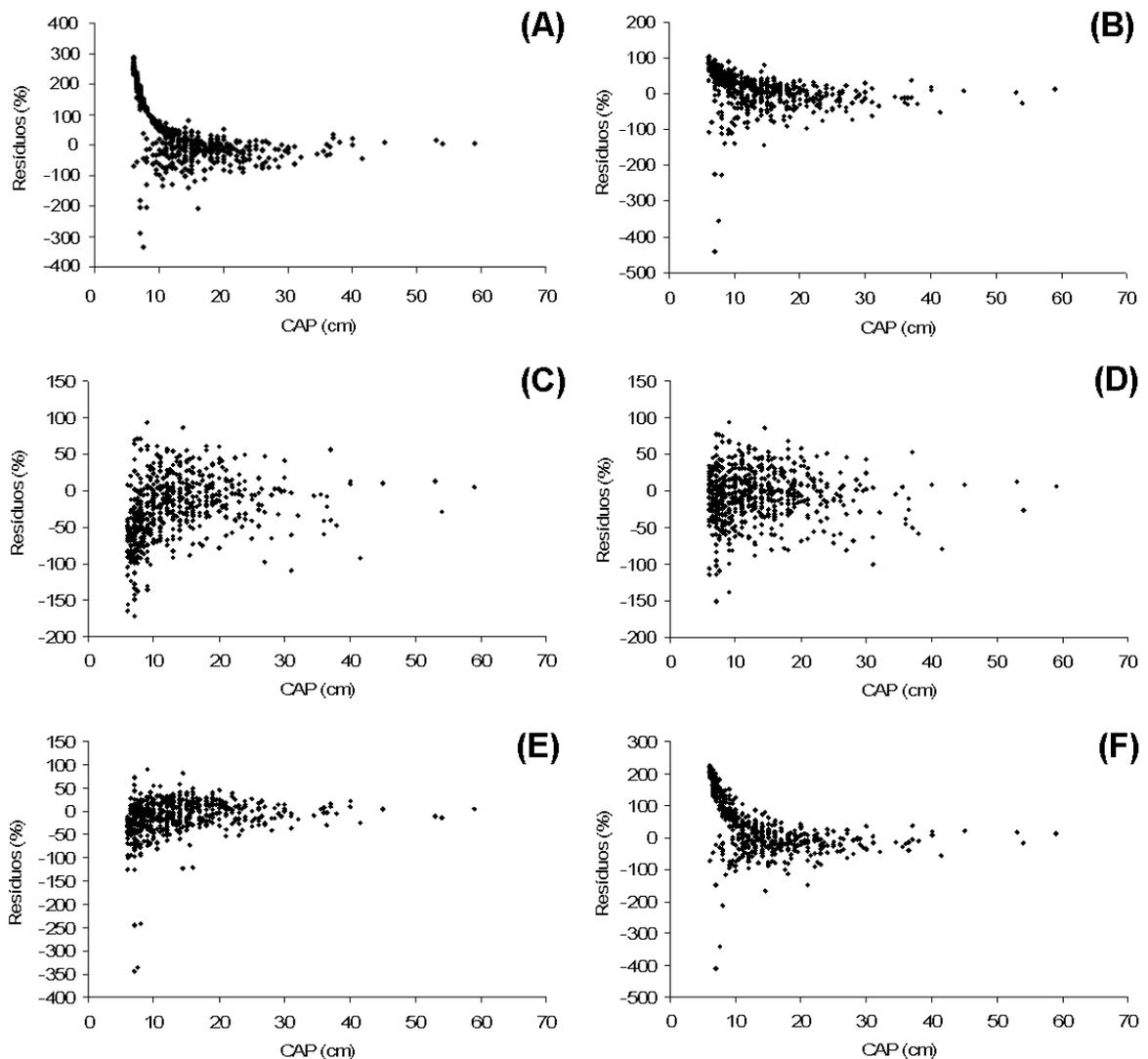


Figura 15: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar volume de árvores em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 3; B = equação 5; C = equação 7; D = equação 8; E = equação 9; F = equação 11. (\*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.

#### 4.5.1.2. Biomassa verde de todas as espécies

A biomassa verde máxima dos galhos foi mais de duas vezes a do fuste. O massa total máxima das árvores amostras foi de 536 kg, com altura média de 4,05 m e CAP média de 14,5 cm (Tabela 25).

Tabela 25: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionadas a biomassa verde observada de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos; CG: circunferência na base do maior galho; PF: peso do fuste (kg); PG: peso de galho (kg); PT: peso total (kg).

Parâmetros	CAP	H	NG	CG	PF	PG	PT
Média	0,14512	4,05925	1,55731	0,06826	7,34625	4,35119	11,69743
Erro padrão	0,00447	0,05088	0,14800	0,00403	0,69797	0,98846	1,62755
CV%	69,30	28,20	213,77	132,80	213,72	511,01	312,98
Desvio padrão	0,10057	1,14460	3,32909	0,09065	15,70045	22,23482	36,61079
EA%	12,32	5,01	38,01	23,61	38,00	90,87	55,65
Variância da amostra	0,01011	1,31012	11,08285	0,00822	246,50425	494,38734	1340,34999
Curtose	13,82038	2,45719	35,40132	2,76808	48,36726	180,91697	109,35162
Assimetria	3,02374	1,28819	4,92215	1,48387	6,31686	12,20112	9,37926
Intervalo	0,80	7,1	35	0,51	159,85	380,5	535,85
Mínimo	0,06	2	0	0	0,15	0	0,15
Máximo	0,86	9,1	35	0,51	160	380,5	536
Soma	73,43	2053,98	788	34,54	3717,2	2201,7	5918,9
Contagem	506	506	506	506	506	506	506
Nível de confiança (95,0%)	0,00878	0,09997	0,29076	0,00792	1,37128	1,94200	3,19760

O coeficiente de variação dos modelos testados variou de 39,39 a 152,90%, apresentando valores de  $R^2_{aj}$  entre 0,6736 e 0,9783. Com relação ao  $S_{yx}$ , os valores variaram de 3,4342 a 13,3300. Com base nas medidas de precisão, para estimar biomassa verde (BV) da vegetação de caatinga em estudo, o modelo 9  $BV_i = \beta_0 + \beta_1.CAP_i^2 + \beta_2.CG_i^2 + \beta_3.NG_i^2 + \varepsilon_i$  ( $R^2= 97,87\%$ ,  $S_{yx}= 3,43$  e  $CV= 39,39\%$ ) prestou melhor ajuste que os demais. Os modelos 1 e 2 não se ajustaram bem aos dados, apresentando as piores medidas de precisão (Tabela 26).

Sampaio et al. (2010) estudando a validação de equações já desenvolvidos para quatro espécies da caatinga de áreas consideradas maduras e ajustou novas equações específicas para a regeneração destas espécies, após serem cortadas para lenha. As melhores equações para estimar a biomassa (kg) das partes aéreas, foi com base no diâmetro do fuste à altura de 1,3 m (DAP), *Poincianella pyramidalis*,  $B = 0.3129DAP^{1.8838}$  ( $R^2=0,68$ ); *Croton blanchetianus*,  $B = 0.4171DAP^{1.5601}$  ( $R^2=0,62$ ); *Mimosa ophthalmocentra*,  $B = 0.4369DAP^{1.8493}$ ; ( $R^2=0,81$ ); e *Mimosa tenuiflora*, de duas procedências,  $B = 0.3344DAP^{1.9648}$  ( $R^2=0,70$ ) e  $0.4138DAP^{1.7718}$  ( $R^2=0,64$ ) e

com menores ajuste as equações que utilizavam a variável combinada de DAP (cm) com altura total das plantas H (m), área da copa C (m<sup>2</sup>) e/ou densidade da madeira (g. cm<sup>-3</sup>).

Tabela 26: Estimativas dos parâmetros e medidas de precisão das equações testadas para a estimativa de biomassa verde de espécies de um área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. (\*) Modelos das equações, ver tabela 4.

Eq.	coeficientes					R <sup>2</sup> <sub>aj</sub> (%)	S <sub>yx</sub>	CV (%)
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$			
1	-11,857618	0,807339	-0,146870	0,164870		67,36	13,3300	152,90
2	-4,375343	0,423159	-0,115017	0,649849		85,74	8,8113	101,07
3	3,317701	0,739866	-0,086139	0,323393		93,79	5,8139	66,69
4	1,584807	0,695913	-0,063193	0,360339		94,78	5,3298	61,13
5	-0,348897	0,695417	-0,054886	0,368133		96,50	4,3668	50,09
6	-2,215189	0,655609	-,0115694	0,448419		95,06	5,1876	59,50
7	0,337574	0,964867				93,08	6,1370	70,39
8	89,638900	2,096333	0,839837			93,14	6,1131	70,12
9	0,294280	0,506955	0,266494	0,293437		97,83	3,4342	39,39
10	-2,148634	0,937521	1,824414	-2,365797	0,588380	93,67	5,8990	67,43
11	-2,167970	0,698922	0,319130			95,54	4,9309	56,56
12	-2,669859	0,896691	0,106408			92,91	6,2217	71,36

Em que: Eq. = equações;  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$  = coeficientes das equações; R<sup>2</sup><sub>aj</sub> = coeficiente de determinação ajustado; S<sub>yx</sub> = erro padrão da estimativa; CV = coeficiente de variação; Modelos das equações, ver tabela 4.

Houve uma tendências a subestimação do volume das árvores de menor diâmetro pelas equações 1, 2, 3, 4, 6, 10, 11 e 12 e superestimação das árvores menores pelas equações 5, 7, 8 e 9 (Figura 16).

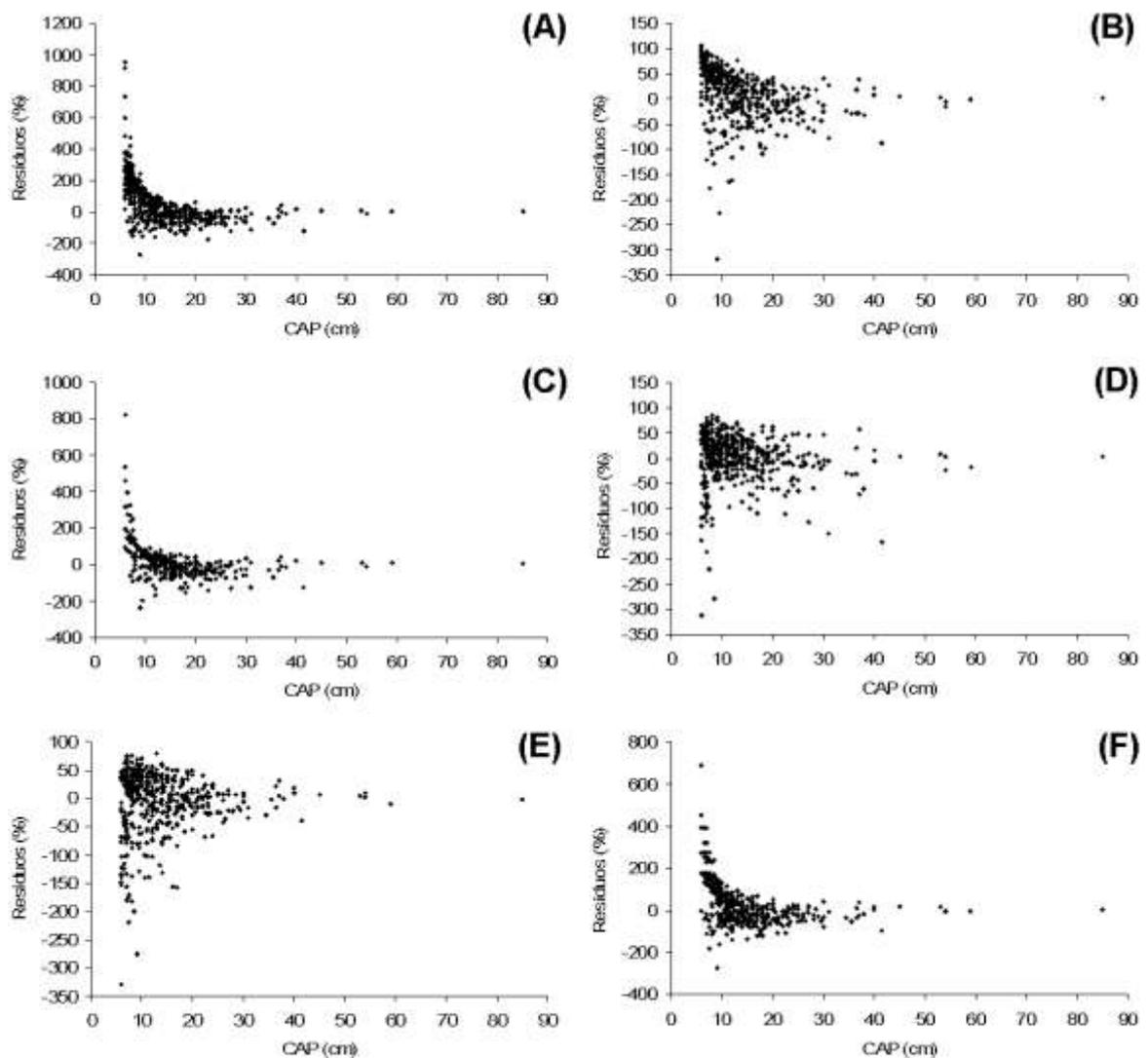


Figura 16: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar biomassa verde de árvores em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A= equação 4; B= equação 5; C= equação 6; D= equação 8; E= equação 9; F= equação 11. (\*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.

#### 4.5.2. Volume e biomassa por grupos de espécies

Após o teste de médias de Scott-Knott a 1% de probabilidade, que constatou a formação de três grupos (espécies) distintos, tanto para a variável volume quanto para biomassa verde (Tabela 27). Para as espécies de baixa densidade, que apresentaram menos de 15 árvores amostras, foram tratadas com uma miscelânea de espécies e consideradas como um grupo a parte.

Tabela 27: Teste de médias de Scott-Knott (p=1%) para o volume e biomassa verde de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.

Espécie	Grupos
<i>Anadenanthera colubrina</i>	A
<i>Mimosa tenuiflora</i>	B
<i>Poincianella bracteosa</i>	C
<i>Piptadenia stipulacea</i>	C
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	C
<i>Bauhinia cheilanta</i>	C
<i>Aspidosperma pyriforme</i>	C
<i>Croton rhamnifolius</i>	C
<i>Erythrostemon calycina</i>	M(*)
<i>Cnidoscolus quercifolius</i>	M(*)
<i>Cnidoscolus bahianus</i>	M(*)
<i>Commiphora leptophloeos</i>	M(*)
<i>Manihot glaziovii</i>	M(*)
<i>Jatropha mollissima</i>	M(*)
<i>Thiloa glaucocarpa</i>	M(*)

(\*) foram consideradas como uma miscelânea, as espécies de baixa densidade.

#### 4.5.2.1. Volume por grupo de espécies

##### 4.5.2.1.1. Volume do grupo A

O Grupo A foi formado por apenas uma espécie, *Anadenanthera colubrina*, em que o CAP máximo foi de 59 cm e mínimo de 8 cm, altura mínima de 3,2 m e máxima não superior a 8 metros. (Tabela 28).

Tabela 28: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionados ao volume observado do grupo A de espécies, área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos; CG: circunferência na base do maior galho; VG: volume de galho (m<sup>3</sup>); VF: volume do fuste (m<sup>3</sup>); VT: volume total (m<sup>3</sup>).

Parâmetros	CAP	H	NG	CG	VG	VF	VT
Média	0,26912	5,60588	4,05882	0,18147	0,01411	0,02250	0,03661
Erro padrão	0,03540	0,37096	1,01630	0,03112	0,00528	0,00593	0,01036
CV%	54,24	27,28	103,24	70,70	154,40	108,74	116,65
Desvio padrão	0,14596	1,52949	4,19032	0,12829	0,02179	0,02446	0,04270
EA%	52,62	26,47	100,16	68,58	149,79	105,49	113,16
Variância da amostra	0,02130	2,33934	17,55882	0,01646	0,00047	0,00060	0,00182
Curtose	-0,38739	-1,14296	0,92796	-0,39872	4,73470	3,28886	1,73844
Assimetria	0,29126	0,02543	1,24711	0,24764	2,20269	1,63134	1,48054
Intervalo	0,51	4,8	14	0,44	0,07938	0,09248	0,14513
Mínimo	0,08	3,2	0	0	0	0,00081	0,00128
Máximo	0,59	8	14	0,44	0,07938	0,09329	0,14642
Soma	4,575	95,3	69	3,085	0,23990	0,38245	0,62235
Contagem	17	17	17	17	17	17	17
Nível de confiança (95,0%)	0,07504	0,78639	2,15447	0,06596	0,01120	0,01258	0,02196

Após aplicar o procedimento Stepwise nos modelos testados, as novas equações assim ficaram: equação 1 perdeu as variáveis CAP e H, a equação 2 perdeu a variável H, a equação 3 perdeu as variáveis CAP e H, a equação 4 perdeu variável H, a equação 10 (Silva et al.,1992) das 28 seções apenas permaneceram três, seções S0305, S0709, S0311, as equações 11 e 12 utilizaram a seção S0305 como uma das variáveis.

O coeficiente de variação variou de 19,36 a 48,88%, apresentando valores de  $R^2_{aj}$  entre 0,8261 e 0,9727. Com relação ao  $S_{yx}$ , os valores variaram de 0,0073 a 0,0183. Considerando as medidas de precisão, observou-se que o modelo 3  $V_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CG_i^2 + \varepsilon_i$  ( $R^2= 97,10\%$ ,  $S_{yx}= 0,0075$  e  $CV= 19,96\%$ ) e o modelo 9  $V_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 + \beta_2 \cdot CG_i^2 + \beta_3 \cdot NG_i^2 + \varepsilon_i$  ( $R^2= 97,27\%$ ,  $S_{yx}= 0,0073$  e  $CV= 19,36\%$ ) apresentaram melhor desempenho para estimar o volume do Grupo A da vegetação que os demais modelos. O modelo 2 proporcionou os piores ajustes (Tabela 29).

Tabela 29: Estimativas dos parâmetros e medidas de precisão das equações testadas para a estimativa de volume do Grupo A, um área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.

Eq.	Coeficientes				$R^2_{aj}$ (%)	$S_{yx}$	CV (%)
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$			
1	0,017830	0,930372			85,60	0,0167	44,48
2	-0,026088	0,600814	0,381728		82,61	0,0183	48,88
3	-0,000338	0,986373			97,10	0,0075	19,96
4	-0,008963	0,655292	0,386805		91,02	0,0132	35,12
5	-0,004093	0,738067	-0,145833	0,494094	94,32	0,0107	28,65
6	-0,009614	0,623963	0,051803	0,363581	90,30	0,0137	36,51
7	0,001984	0,918038			83,16	0,0180	48,10
8	0,009757	1,474064	1,685520		85,30	0,0181	48,19
9	-0,002120	0,199231	0,702006	0,139160	97,27	0,0073	19,36
10	-0,009723	0,124308	-4,303240	5,123693	96,14	0,0086	23,02
11	-0,007360	1,115929	-0,173972		91,47	0,0128	34,23
12	-0,011833	0,707255	0,269980		91,89	0,0125	33,38

Em que: Eq. = equações;  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$  = coeficientes das equações;  $R^2_{aj}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}$  = erro padrão da estimativa; CV = coeficiente de variação; Modelos das equações, ver tabela 4.

Houve uma tendência a subestimação do volume das árvores de menor diâmetro pelas maioria das equações, exceto as equações 7 e 8 que superestimaram os volumes das árvores menores (Figura 17).

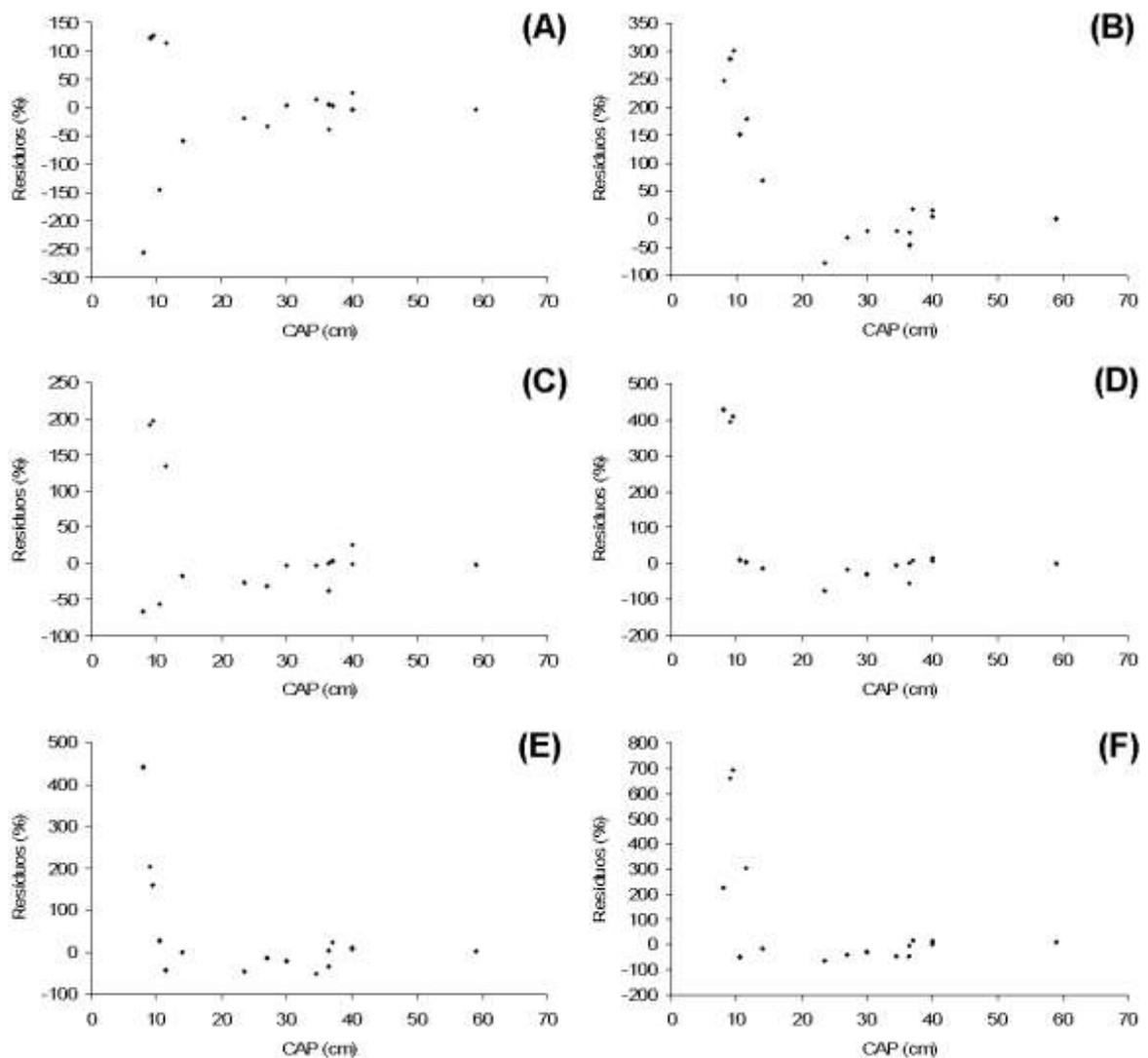


Figura 17: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar volume de árvores do grupo A em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 3; B = equação 5; C = equação 9; D = equação 10; E = equação 11; F = equação 12. (\*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.

#### 4.5.2.1.2. Volume do grupo B

O grupo B, também formado por uma única espécie, *Mimosa tenuiflora*, apresentou CAP máximo de 53 cm e altura média de 5,43 m e número máximo de 15 galhos (Tabela 30).

Tabela 30: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionados ao volume observado de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos; CG: circunferência na base do maior galho; VG: volume de galho (m<sup>3</sup>); VF: volume do fuste (m<sup>3</sup>); VT: volume total (m<sup>3</sup>).

Parâmetros	CAP	H	NG	CG	VG	VF	VT
Média	0,22682	5,43091	3,50000	0,13341	0,00982	0,01417	0,02399
Erro padrão	0,02749	0,34724	0,96643	0,02554	0,00375	0,00322	0,00670
CV%	56,85	29,99	129,51	89,81	179,23	106,67	130,94
Desvio padrão	0,12895	1,62869	4,53295	0,11982	0,01760	0,01512	0,03142
EA%	48,48	25,57	110,45	76,59	152,85	90,97	111,67
Variância da amostra	0,01663	2,65264	20,54762	0,01436	0,00031	0,00023	0,00099
Curtose	-0,07262	-0,30241	1,01470	-0,78442	7,43619	1,54604	5,16774
Assimetria	0,74812	0,71660	1,43576	0,47234	2,60980	1,42678	2,16225
Intervalo	0,46	5,9	15	0,38	0,07247	0,05487	0,12734
Mínimo	0,07	3,2	0	0	0	0,00061	0,00061
Máximo	0,53	9,1	15	0,38	0,07247	0,05548	0,12795
Soma	4,99	119,48	77	2,935	0,21607	0,31175	0,52782
Contagem	22	22	22	22	22	22	22
Nível de confiança (95,0%)	0,05717	0,72212	2,00980	0,05312	0,00780	0,00670	0,01393

Após aplicar o procedimento Stepwise nos modelos testados, as novas equações assim ficaram: as equações 1, 5 e 6 perderam a variável CG, a equação 9 perdeu a variável NG<sup>2</sup>, a equação 10 ficou com apenas as variáveis S1315 e S1517, as equações 11 e 12 utilizaram a seção S1315, e a equação 12 perdeu CG.

O coeficiente de variação variou de 19,06 a 46,00%, apresentando valores de R<sup>2</sup><sub>aj.</sub> entre 0,8752 e 0,9803. Com relação ao S<sub>yx</sub>, os valores variaram de 0,0047 a 0,0113. Considerando as medidas de precisão, observou-se que o modelo 8  $V_i = \beta_0 \cdot CAP_i^{\beta_1} \cdot H_i^{\beta_2} + \varepsilon_i$  (R<sup>2</sup>= 98,03%, S<sub>yx</sub>= 0,0047 e CV= 19,06%) e o modelo 3  $V_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 + \beta_2 \cdot H_i + \beta_3 \cdot CG_i^2 + \varepsilon_i$  (R<sup>2</sup>= 97,83%, S<sub>yx</sub>= 0,0047 e CV= 19,17%) apresentaram melhores desempenho para estimar o volume do Grupo B da vegetação que os demais modelos, e com pior ajuste o modelo 1 (Tabela 31).

Araújo et al. (2004), estimando volume de *Mimosa tenuiflora* as 5 anos de idade, o modelo de Spurr (R<sup>2</sup>= 0,93 e S<sub>yx</sub>= 0,08) apresentou o melhor ajuste quando comparado ao modelo linear.

Tabela 31: Estimativas dos parâmetros e medidas de precisão das equações testadas para a estimativa de volume do Grupo B, um área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.

Eq.	Coeficientes				$R^2_{aj}$ (%)	$S_{yx}$	CV (%)
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$			
1	0,010021	1,168306	-0,281982		87,52	0,0113	46,00
2	-0,011150	0,842401	-0,183097	0,230930	88,38	0,0109	44,39
3	0,003163	0,804243	-0,087824	0,268306	97,83	0,0047	19,17
4	0,004790	0,959873	-0,112646	0,129932	97,11	0,0055	22,14
5	-0,001432	0,770586	0,258034		97,23	0,0053	21,67
6	-0,004450	0,852011	0,154722		96,72	0,0058	23,57
7	0,000063	0,974771			94,76	0,0073	29,87
8	4,498295	2,857976	-0,852833		98,03	0,0047	19,06
9	-0,003984	0,702705	0,305097		97,63	0,0049	20,03
10	-0,003363	1,706677	-0,726245		97,85	0,0054	21,85
11	-0,004141	0,876003	0,128374		97,08	0,0055	22,26
12	-0,003993	0,984363			96,73	0,0058	23,54

Em que: Eq. = equações;  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$  = coeficientes das equações;  $R^2_{aj}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}$  = erro padrão da estimativa; CV = coeficiente de variação; Modelos das equações, ver tabela 4.

Houve uma tendências a subestimação do volume das árvores de menor diâmetro pelas maioria das equações. O modelo 8 apresentou a distribuição dos resíduos mais homogêneo com relação aos demais (Figura 18). Para Araújo et al. (2004), o modelo linear testado apresentou subestimação dos valores de volume das árvores de menor DAP, chegando a erro maior que 500% na estimação do volume de *Mimosa tenuiflora*.

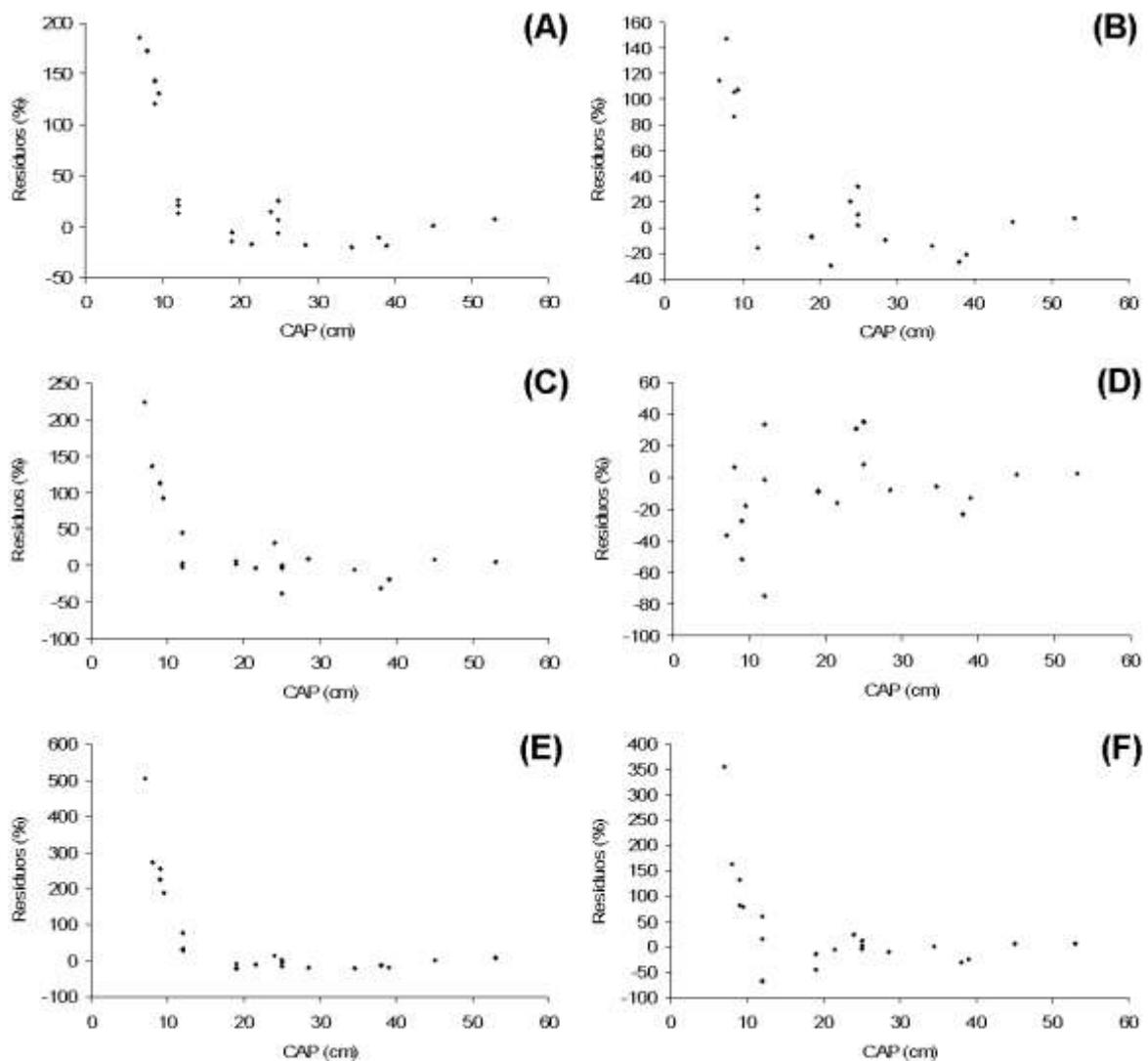


Figura 18: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar volume de árvores do grupo B em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 3; B = equação 4; C = equação 5; D = equação 8; E = equação 9; F = equação 10. (\*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.

#### 4.5.2.1.3. Volume do grupo C

As espécies que formaram o Grupo C (*Poincianella bracteosa*, *Piptadenia stipulacea*, *Mimosa ophthalmocentra*, *Bauhinia cheilanta*, *Aspidosperma pyriformium* e *Croton rhamnifolius*) apresentaram CAP máximo de 45,5 cm e altura média de 3,87 m, com número de galhos máximo de 14 (Tabela 32).

Tabela 32: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionados ao volume observado de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos; CG: circunferência na base do maior galho; VG: volume de galho (m<sup>3</sup>); VF: volume do fuste (m<sup>3</sup>); VT: volume total (m<sup>3</sup>).

Parâmetros	CAP	H	NG	CG	VG	VF	VT
Média	0,13122	3,87848	0,92405	0,04745	0,00130	0,00389	0,00519
Erro padrão	0,00274	0,03784	0,07608	0,00293	0,00016	0,00018	0,00029
CV%	49,09	22,94	193,61	145,34	284,65	110,13	132,72
Desvio padrão	0,06441	0,88976	1,78906	0,06896	0,00370	0,00429	0,00689
EA%	8,35	3,90	32,93	24,72	48,42	18,73	22,57
Variância da amostra	0,00415	0,79166	3,20074	0,00476	0,00001	0,00002	0,00005
Curtose	2,53673	1,79602	11,60885	-0,13856	49,60467	7,46843	14,44163
Assimetria	1,42457	0,83538	2,98930	1,06515	6,15980	2,41169	3,21767
Intervalo	0,395	6,8	14	0,3	0,03961	0,02958	0,05973
Mínimo	0,06	2	0	0	0	0,00040	0,00041
Máximo	0,455	8,8	14	0,3	0,03961	0,02998	0,06014
Soma	72,56	2144,80	511	26,24	0,71910	2,15361	2,87271
Contagem	553	553	553	553	553	553	553
Nível de confiança(95,0%)	0,00538	0,07432	0,14944	0,00576	0,00031	0,00036	0,00058

Após aplicar o procedimento Stepwise nos modelos testados, as novas equações assim ficaram: a equação 2 perdeu a variável H, a equação 5 perdeu a variável CG, a equação 10 permaneceu apenas com as seções S0717, S1113, as equações 11 e 12 utilizou a seção S0717 como uma das variáveis.

O coeficiente de variação variou de 24,68 a 54,37%, apresentando valores de  $R^2_{aj}$  entre 0,8124 e 0,9614. Com relação ao  $S_{yx}$ , os valores variaram de 0,0012 a 0,0026. Considerando as medidas de precisão, observou-se que o modelo 9  $V_i = \beta_0 + \beta_1.CAP_i^2 + \beta_2.CG_i^2 + \beta_3.NG_i^2 + \varepsilon_i$  ( $R^2= 96,14\%$ ,  $S_{yx}= 0,0012$  e  $CV= 24,68\%$ ) e o modelo 11  $V_i = \beta_0 + \beta_1.VS\ 0717 + \beta_2.NG_i + \varepsilon_i$  ( $R^2= 94,81\%$ ,  $S_{yx}= 0,0013$  e  $CV= 28,59\%$ ) apresentaram melhor desempenho para estimar o volume do Grupo C da vegetação que os demais os demais modelos, e com pior ajuste o modelo 7 (Tabela 33).

Tabela 33: Resultado da análise de regressão do ajustes das equações testadas para a estimativa de volume de espécies nativas de uma área de caatinga, na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.

Eq.	Coeficientes				$R^2_{aj}$ (%)	$S_{yx}$	CV (%)
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$			
1	-0,005863	0,649897	0,028153	0,304796	83,23	0,0024	51,41
2	-0,064669	0,652593	0,439285		90,54	0,0018	38,60
3	-0,001993	0,637158	0,072219	0,398310	91,97	0,0017	35,58
4	-0,001867	0,643806	0,068847	0,417559	93,69	0,0015	31,53
5	0,000303	0,690634	0,414238		93,97	0,0015	30,83
6	-0,000506	0,631212	-0,028222	0,483588	88,84	0,0020	41,94
7	0,000594	0,901547			81,24	0,0026	54,37
8	0,034795	1,721829	0,970408		82,09	0,0025	53,13
9	-0,000137	0,658809	0,250202	0,272297	96,14	0,0012	24,68
10	-0,000760	1,620164	-0,717589		83,22	0,0024	51,43
11	-0,000567	0,699493	0,408757		94,81	0,0013	28,59
12	-0,000881	0,762075	0,301257		89,38	0,0019	40,91

Em que: Eq. = equações;  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$  = coeficientes das equações;  $R^2_{aj}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}$  = erro padrão da estimativa; CV = coeficiente de variação; Modelos das equações, ver tabela 4.

Houve uma tendências a subestimação do volume das árvores de menor diâmetro pelas equações 1, 2, 3, 4, 11 e 12 e superestimação de alguns valores por todos os modelos. Os modelos 5 e 9 apresentam distribuição dos resíduos mais homogêneos (Figura 19).

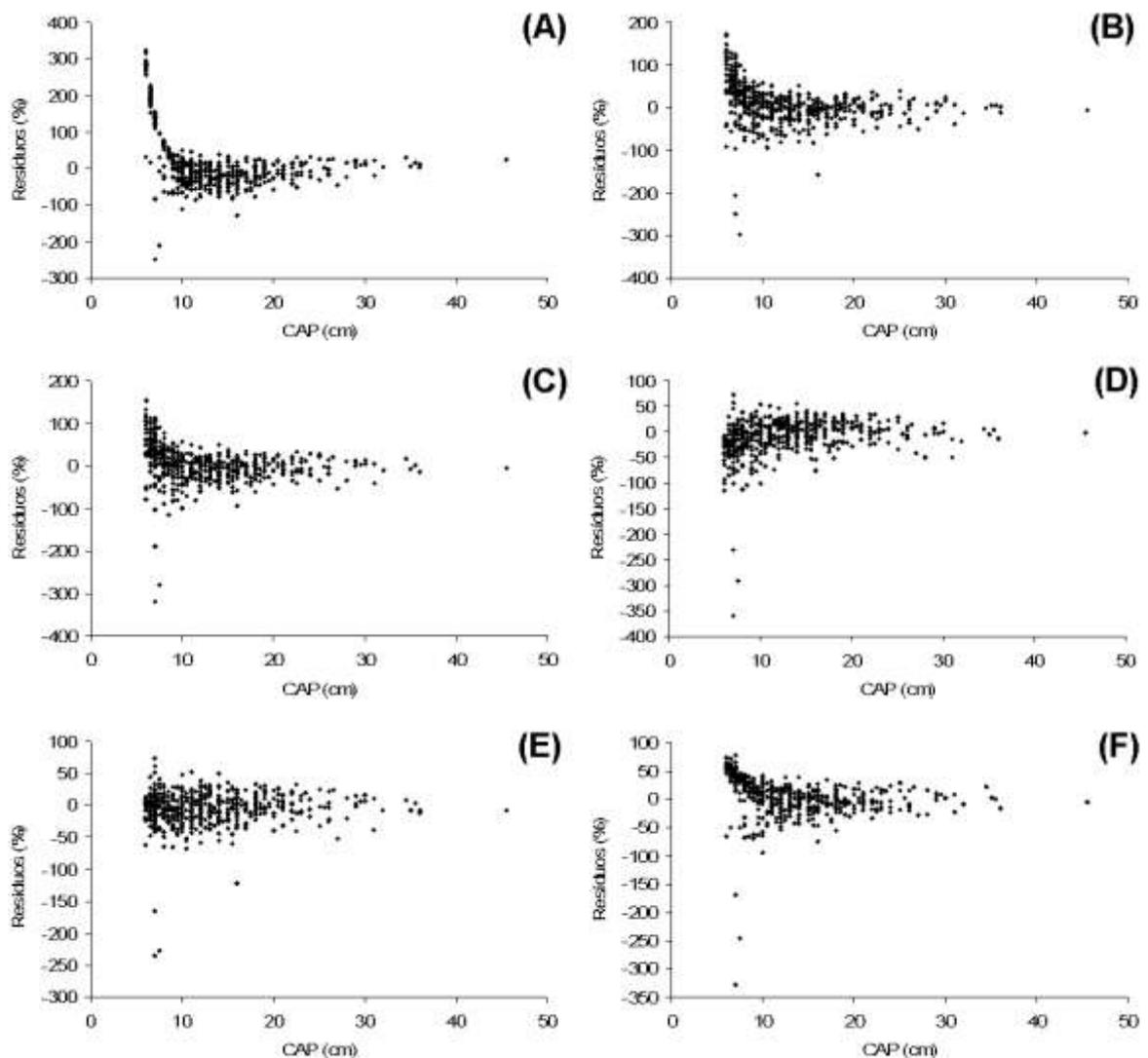


Figura 19: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar volume de árvores do grupo C em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 2; B = equação 3; C = equação 4; D = equação 5; E = equação 9; F = equação 11. (\*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.

#### 4.5.2.1.4. Volume do grupo M

O grupo M, formado pelas espécies *Erythrostemon calycina*, *Cnidoscolus quercifolius*, *Cnidoscolus bahianus*, *Commiphora leptophloeos*, *Manihot glaziovii*, *Jatropha mollissima* e *Thiloa glaucocarpa*, apresentou número de galho máximo de 35, CAP com variação de 6 a 86 cm e altura média de 4,69 m (Tabela 34).

Tabela 34: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionados ao volume observado de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos; CG: circunferência na base do maior galho; VG: volume de galho (m<sup>3</sup>); VF: volume do fuste (m<sup>3</sup>); VT: volume total (m<sup>3</sup>).

Parâmetros	CAP	H	NG	CG	VG	VF	VT
Média	0,23329	4,69474	4,39474	0,12618	0,02769	0,02146	0,04915
Erro padrão	0,03618	0,27234	1,38244	0,02535	0,01145	0,00634	0,01747
CV%	95,61	35,76	193,91	123,85	254,81	182,26	219,06
Desvio padrão	0,22304	1,67879	8,52196	0,15628	0,07057	0,03911	0,10767
EA%	62,04	23,20	125,83	80,37	165,35	118,26	142,15
Variância da amostra	0,04975	2,81835	72,62376	0,02442	0,00498	0,00153	0,01159
Curtose	1,98381	-0,58863	5,57850	0,10195	13,59801	4,12902	9,44497
Assimetria	1,68274	0,64993	2,41775	1,08291	3,51084	2,25917	3,00656
Intervalo	0,8	6,3	35	0,51	0,35926	0,15054	0,50980
Mínimo	0,06	2	0	0	0	0,00045	0,00045
Máximo	0,86	8,30	35	0,51	0,35926	0,15099	0,51025
Soma	8,865	178,4	167	4,795	1,05233	0,81539	1,86772
Contagem	38	38	38	38	38	38	38
Nível de confiança(95,0%)	0,07331	0,55181	2,80110	0,05137	0,02319	0,01285	0,03539

Após aplicar o procedimento Stepwise nos modelos testados, as novas equações assim ficaram: equação 1 perde a variável CG, a equação 3 perdeu a variável H, a equação 4 perdeu as variáveis H e NG, as equações 5 e 6 perderam a variável NG, a equação 9 perdeu NG<sup>2</sup>, a equação 10 permaneceram com quatro seções, S0307, S1517, S0709, S0517, as equações 11 e 12 utilizou a seção S0307 como uma das variáveis e a equação 12 perdeu a variável NG.

O coeficiente de variação variou de 11,57 a 77,54%, apresentando valores de R<sup>2</sup><sub>aj.</sub> entre 0,8712 e 0,9971. Com relação ao S<sub>yx</sub>, os valores variaram de 0,0042 a 0,0280. Considerando as medidas de precisão, observou-se que o modelo 10  $V_i = \beta_0 + \beta_1.VS\ 0307 + \beta_2.VS\ 1517 + \beta_3.VS\ 0709 + \beta_4.VS\ 0517 + \varepsilon_i$  (R<sup>2</sup>= 99,71%, S<sub>yx</sub>= 0,0042 e CV= 11,57%) apresentou melhor desempenho para estimar o volume do Grupo M da vegetação que os demais modelos, e com pior ajuste o modelo 1 (Tabela 35).

Tabela 35: Resultado da análise de regressão do ajustes das equações testadas para a estimativa de volume de espécies nativas de uma área de caatinga, na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.

Eq.	Coeficientes					R <sup>2</sup> <sub>aj</sub> (%)	S <sub>yx</sub>	CV (%)
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$			
1	0,000178	1,176879	-0,280704			87,12	0,0280	77,54
2	-0,004199	0,759110	-0,159570	0,343662		88,74	0,0264	72,52
3	-0,006217	0,859763	0,088582			93,26	0,0204	56,11
4	-0,003402	0,965782				93,07	0,0207	56,89
5	-0,003925	0,844987	0,149969			94,82	0,0179	49,20
6	-0,006217	0,859763	0,122645			93,26	0,0204	56,11
7	0,000117	0,972044				94,32	0,0186	51,50
8	0,003460	1,798739	2,368475			95,12	0,0179	49,13
9	-0,004391	0,469937	0,519850			95,44	0,0168	46,13
10	-0,002852	1,189115	0,211798	-3,759805	3,430930	99,71	0,0042	11,57
11	-0,006015	0,776680	0,226860			96,44	0,0149	40,78
12	-0,006461	0,977396				95,39	0,0169	46,37

Em que: Eq. = equações;  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$  = coeficientes das equações; R<sup>2</sup><sub>aj</sub> = coeficiente de determinação ajustado; S<sub>xy</sub> = erro padrão da estimativa; CV = coeficiente de variação; Modelos das equações, ver tabela 4.

Houve uma tendências a subestimação do volume das árvores de menor diâmetro pelas maioria das equações. O modelo 8 apresentou a distribuição dos resíduos mais homogêneos em relação aos demais modelos testados. (Figura 20).

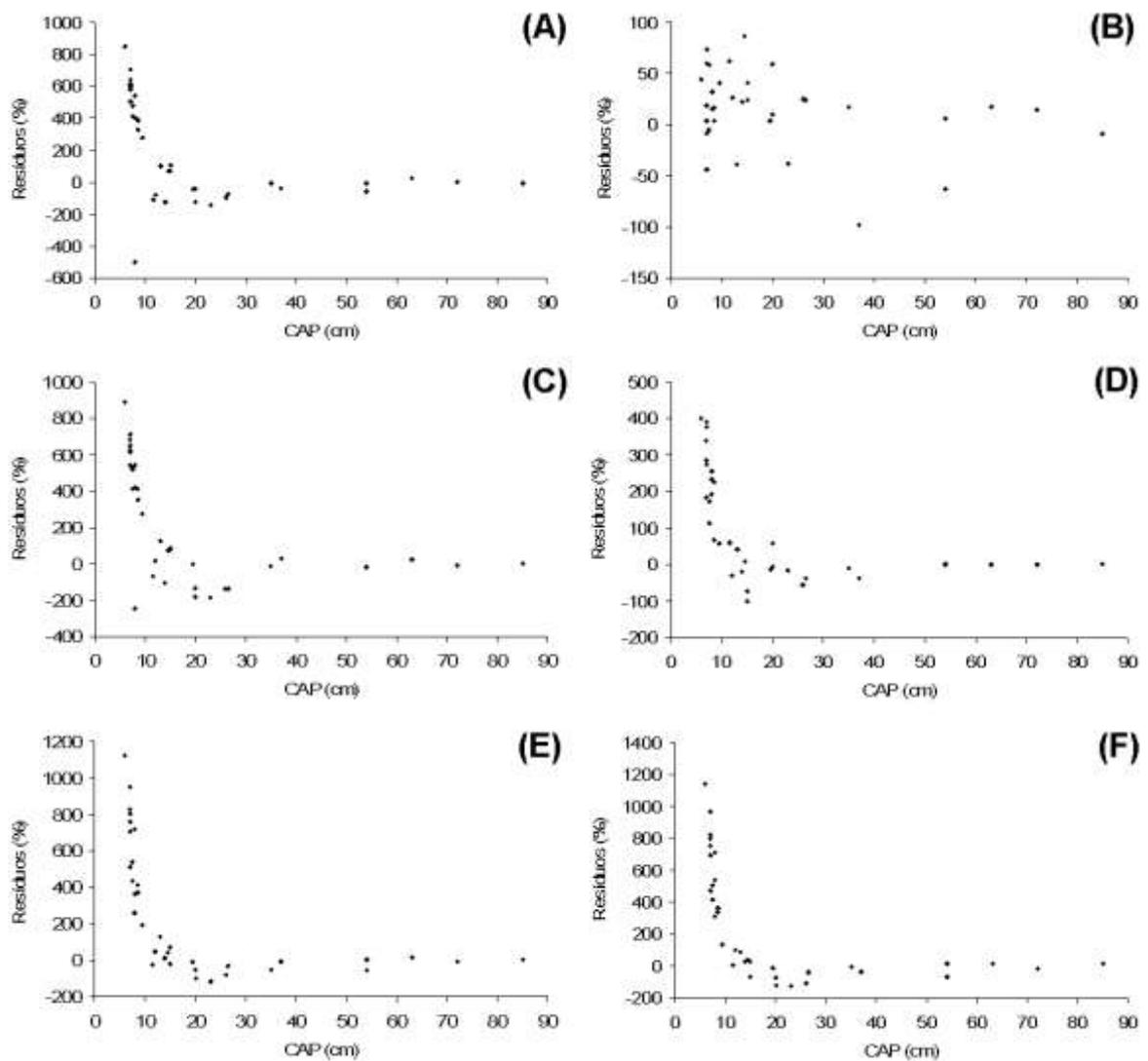


Figura 20: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar volume de árvores do grupo M em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 5; B = equação 8; C = equação 9; D = equação 10; E = equação 11; F = equação 12. (\*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.

#### 4.5.2.2. Biomassa verde por grupos de espécies

##### 4.5.2.2.1. Biomassa verde do grupo A

O grupo A apresentou CAP variando de 8 a 59 cm, altura máxima de 8 m, e peso de fuste e galhos máximo de, 87 e 88 kg, respectivamente (Tabela 36).

Tabela 36: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionadas a biomassa verde observada de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos; CG: circunferência na base do maior galho; PF: peso do fuste (kg); PG: peso de galho (kg); PT: peso total (kg).

Parâmetros	CAP	H	NG	CG	PF	PG	PT
Média	0,2691	5,6059	4,0588	0,1815	27,9118	16,2529	44,1647
Erro padrão	0,0354	0,3710	1,0163	0,0311	6,2234	5,8088	11,4292
CV%	54,24	27,28	103,24	70,70	91,93	147,36	106,70
Desvio padrão	0,1460	1,5295	4,1903	0,1283	25,6596	23,9503	47,1239
EA%	52,62	26,47	100,16	68,58	89,19	142,96	103,51
Variância da amostra	0,0213	2,3393	17,5588	0,0165	658,4136	573,6189	2220,6612
Curtose	-0,3874	-1,1430	0,9280	-0,3987	-0,1597	4,6534	0,5543
Assimetria	0,2913	0,0254	1,2471	0,2476	0,7819	2,1363	1,1649
Intervalo	0,51	4,8	14	0,44	86	88	143,7
Mínimo	0,08	3,2	0	0	1	0	1,3
Máximo	0,59	8	14	0,44	87	88	145
Soma	4,575	95,3	69	3,085	474,5	276,3	750,8
Contagem	17	17	17	17	17	17	17
Nível de confiança (95,0%)	0,0750	0,7864	2,1545	0,0660	13,1929	12,3141	24,2289

Após aplicar o procedimento Stepwise nos modelos testados, as novas equações assim ficaram: a equação 1 perdeu as variáveis CAP e H, as equações 2 e 3 perderam a variável H, a equação 10 permaneceu apenas com três seções, S0305, S0709, S0511, as equações 11 e 12 utilizou a seção S0305 como uma das variáveis.

O coeficiente de variação variou de 15,16 a 60,01%, apresentando valores de  $R^2_{aj.}$  entre 0,7216 e 0,9822. Com relação ao  $S_{yx}$ , os valores variaram de 6,38 a 25,25. Considerando as medidas de precisão, observou-se que o modelo 9  $Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 + \beta_2 \cdot CG_i^2 + \beta_3 \cdot NG_i^2 + \varepsilon_i$  ( $R^2 = 98,22\%$ ,  $S_{yx} = 6,38$  e  $CV = 15,16\%$ ) apresentou melhor desempenho para estimar a biomassa verde do Grupo A da vegetação que os demais os demais modelos, e com pior ajuste o modelo 7 (Tabela 37).

Tabela 37: Resultado da análise de regressão do ajustes das equações testadas para a estimativa de biomassa verde de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.

Eq.	coeficientes					R <sup>2</sup> <sub>aj</sub> (%)	S <sub>yx</sub>	CV (%)
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$			
1	-12,970602	0,929675				85,46	18,25	43,36
2	-21,430122	0,446010	0,576443			88,95	15,91	37,81
3	-21,595529	-0,332692	0,197777	1,121139		94,81	10,90	25,91
4	-6,605590	0,481657	0,579326			92,98	12,68	30,13
5	-6,371377	0,418868	0,121403	0,538083		94,69	11,03	26,22
6	-9,516449	0,370149	0,176923	0,507369		92,76	12,87	30,58
7	7,635371	0,860298				72,16	25,25	60,01
8	12,967646	1,168888	1,480114			78,27	23,92	56,84
9	1,178214	0,192039	0,545798	0,341715		97,43	7,67	18,22
10	-7,370996	2,628238	-3,012657	1,332485		98,22	6,38	15,16
11	-5,707917	0,785192	0,198704			92,47	13,14	31,21
12	-10,760447	0,712366	0,270485			92,76	12,88	30,60

Em que: Eq. = equações;  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$  = coeficientes das equações; R<sup>2</sup><sub>aj</sub> = coeficiente de determinação ajustado; S<sub>xy</sub> = erro padrão da estimativa; CV = coeficiente de variação; Modelos das equações, ver tabela 4.

Houve uma tendências a subestimação do volume das árvores de menor diâmetro pelas maioria das equações. O modelo 9 apresentou a distribuição dos resíduos mais homogêneos em relação aos demais modelos testados. (Figura 21).

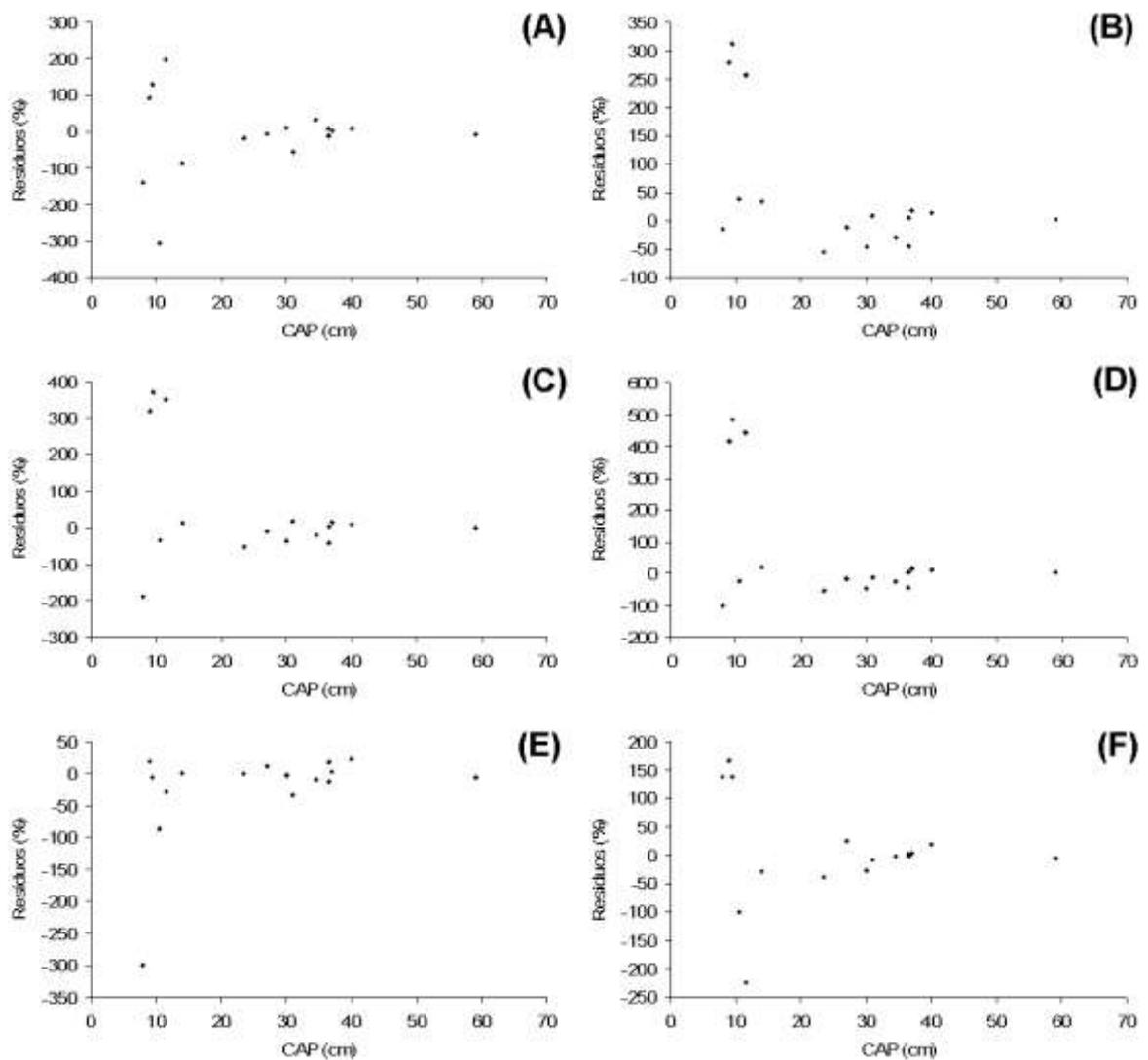


Figura 21: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar biomassa verde de árvores do grupo A em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 3; B = equação 4; C = equação 5; D = equação 6; E = equação 9; F = equação 10. (\*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.

#### 4.5.2.2.2. Biomassa verde do grupo B

As amostras do Grupo B variaram o CAP de 7 a 53 cm, com altura média de 5,43 m e peso verde máximo de fuste e galhos de 77 e 72 kg, respectivamente (Tabela 38).

Tabela 38: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionadas a biomassa verde observada de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos; CG: circunferência na base do maior galho; PF: peso do fuste (kg); PG: peso de galho (kg); PT: peso total (kg).

Parâmetros	CAP	H	NG	CG	PF	PG	PT
Média	0,2268	5,4309	3,5000	0,1334	16,7273	10,1773	26,9045
Erro padrão	0,0275	0,3472	0,9664	0,0255	3,9452	3,7831	7,5322
CV%	56,85	29,99	129,51	89,81	110,63	174,35	131,31
Desvio padrão	0,1289	1,6287	4,5329	0,1198	18,5047	17,7445	35,3291
EA%	48,48	25,57	110,45	76,59	94,34	148,69	111,98
Variância da amostra	0,0166	2,6526	20,5476	0,0144	342,4221	314,8676	1248,1481
Curtose	-0,0726	-0,3024	1,0147	-0,7844	4,5884	6,9480	6,5487
Assimetria	0,7481	0,7166	1,4358	0,4723	1,9854	2,5516	2,3935
Intervalo	0,46	5,9	15	0,38	75,5	72	147,5
Mínimo	0,07	3,2	0	0	1,5	0	1,5
Máximo	0,53	9,1	15	0,38	77	72	149
Soma	4,99	119,48	77	2,935	368	223,9	591,9
Contagem	22	22	22	22	22	22	22
Nível de confiança(95,0%)	0,0572	0,7221	2,0098	0,0531	8,2045	7,8675	15,6641

Após aplicar o procedimento Stepwise nos modelos testados, as novas equações assim ficaram: equação 1 perde a variável CG, as equações 2 e 3 perderam a variável H, a equação 4 perdeu a variável NG, as equações 5 e 6 perderam a variável CG, a equação 9 perdeu a variável NG, a equação 10 permaneceu a seção S1115, as equações 11 e 12 utilizou a seção S1115 como uma das variáveis, a equação 11 perdeu NG e 12 perdeu CG, ficando ambas iguais a equação 10.

O coeficiente de variação variou de 33,24 a 58,38%, apresentando valores de  $R^2_{aj}$  entre 0,8023 e 0,9418. Com relação ao  $S_{yx}$ , os valores variaram de 8,94 a 15,71. Considerando as medidas de precisão, observou-se que o modelo 3  $Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 + \beta_2 \cdot CG_i^2 + \varepsilon_i$  ( $R^2= 97,10\%$ ,  $S_{yx}= 0,0075$  e  $CV= 19,96\%$ ) apresentaram melhor desempenho para estimar biomassa verde do Grupo B da vegetação que os demais modelos, e com pior ajuste o modelo 1 (Tabela 39).

Tabela 39: Resultado da análise de regressão do ajustes das equações testadas para a estimativa de biomassa verde de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.

Eq.	coeficientes			R <sup>2</sup> <sub>aj</sub> (%)	S <sub>yx</sub>	CV (%)
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$			
1	-13,614113	1,094289	-0,233304	80,23	15,71	58,38
2	-21,857638	0,653444	0,298943	81,79	15,07	56,03
3	-4,021515	0,683737	0,303586	92,84	9,45	35,13
4	-7,100947	1,057663	-0,128326	91,73	10,16	37,77
5	-0,967698	0,802120	0,200000	92,96	9,37	34,83
6	-4,726952	0,858508	0,120457	91,49	10,30	38,29
7	0,081630	0,959791		91,72	10,16	37,77
8	1459,008402	2,762912	-0,279146	94,18	8,94	33,24
9	-4,021515	0,683737	0,303586	92,84	9,45	35,13
10	-4,424685	0,961681		92,11	9,93	36,89
11	-4,424685	0,961681		92,11	9,93	36,89
12	-4,424685	0,961681		92,11	9,93	36,89

Em que: Eq. = equações;  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$  = coeficientes das equações; R<sup>2</sup><sub>aj</sub> = coeficiente de determinação ajustado; S<sub>xy</sub> = erro padrão da estimativa; CV = coeficiente de variação; Modelos das equações, ver tabela 4.

Houve uma tendências a subestimação do volume das árvores de menor diâmetro pela maioria das equações. O modelo 8 apresentou as menores amplitude do gráfico de resíduos, abaixo de 60% (Figura 22).

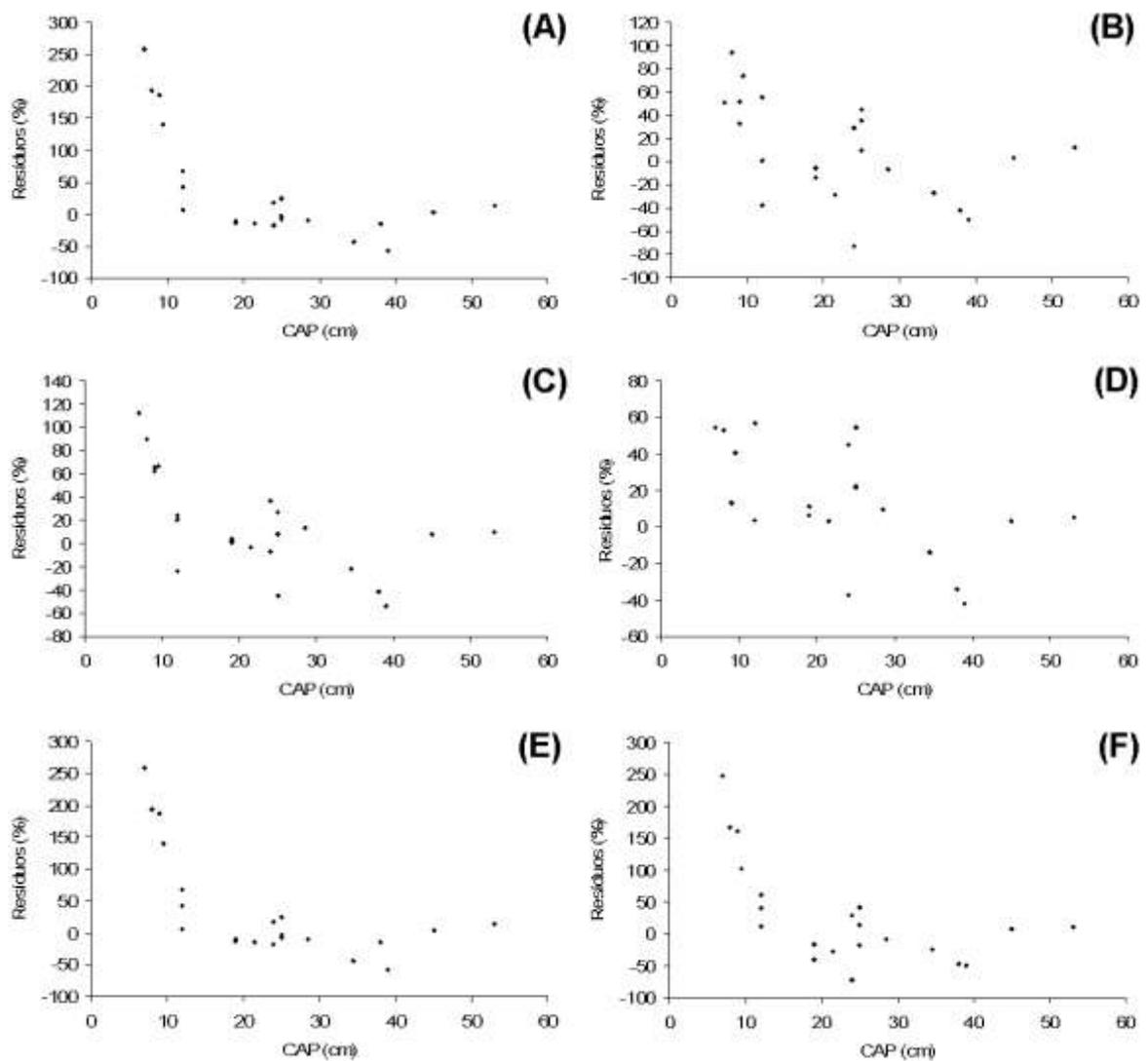


Figura 22: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar biomassa verde de árvores do grupo B em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 3; B = equação 4; C = equação 5; D = equação 8; E = equação 9; F = equação 10. (\*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.

#### 4.5.2.2.3. Biomassa verde do grupo C

O grupo C teve altura média de 3,94 m, e CAP máximo de 53 cm, com número máximo de 15 galhos (Tabela 40).

Tabela 40: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionadas a biomassa verde observada de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos; CG: circunferência na base do maior galho; PF: peso do fuste (kg); PG: peso de galho (kg); PT: peso total (kg).

Parâmetros	CAP	H	NG	CG	PF	PG	PT
Média	0,1330	3,9474	1,2239	0,0591	5,0453	1,9724	7,0177
Erro padrão	0,0034	0,0475	0,1033	0,0036	0,3009	0,2639	0,5373
CV%	53,78	25,56	179,27	128,58	126,66	284,19	162,61
Desvio padrão	0,0715	1,0091	2,1941	0,0760	6,3907	5,6053	11,4113
EA%	10,13	4,82	33,77	24,22	23,86	53,53	30,63
Variância da amostra	0,0051	1,0183	4,8142	0,0058	40,8407	31,4196	130,2167
Curtose	4,4068	3,3154	10,4016	0,3214	42,1253	67,2934	61,4618
Assimetria	1,7804	1,2421	2,8888	1,0008	4,9737	6,9300	6,2189
Intervalo	0,47	7,1	15	0,38	76,85	72	148,85
Mínimo	0,06	2	0	0	0,15	0	0,15
Máximo	0,53	9,1	15	0,38	77	72	149
Soma	59,99	1780,28	552	26,66	2275,45	889,55	3165
Contagem	451	451	451	451	451	451	451
Nível de confiança (95,0%)	0,0066	0,0934	0,2030	0,0070	0,5914	0,5187	1,0560

Após aplicar o procedimento Stepwise nos modelos testados, as novas equações assim ficaram: equação 1 perde variável H, a equação 10 permaneceu com as seções S0917, S1113, S 0305, S0915, S0307 e as equações 11 e 12 utilizou a seção S0917 como uma das variáveis.

O coeficiente de variação variou de 26,61 a 64,42%, apresentando valores de  $R^2_{aj.}$  entre 0,7252 e 0,9532. Com relação ao  $S_{yx}$ , os valores variaram de 1,42 a 3,43. Considerando as medidas de precisão, observou-se que o modelo 9  $V_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 + \beta_2 \cdot CG_i^2 + \beta_3 \cdot NG_i^2 + \varepsilon_i$  ( $R^2= 95,32\%$ ,  $S_{yx}= 1,42$  e  $CV= 26,61\%$ ) apresentou melhor desempenho para estimar o biomassa verde do Grupo C da vegetação que os demais modelos, e com pior ajuste o modelo 7 (Tabela 41).

Tabela 41: Resultado da análise de regressão do ajustes das equações testadas para a estimativa de biomassa verde de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.

Eq.	coeficientes						R <sup>2</sup> <sub>aj</sub> (%)	S <sub>yx</sub>	CV (%)
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$			
1	-5,073314	0,645606	0,347628				79,42	2,97	55,78
2	-3,403303	0,556492	-0,025583	0,536170			90,58	2,01	37,74
3	-1,528477	0,515839	0,066320	0,495746			88,96	2,17	40,86
4	-0,768795	0,538741	0,036214	0,526109			92,03	1,85	34,71
5	0,745476	0,559114	-0,041551	0,560581			91,74	1,88	35,42
6	0,229708	0,558872	-0,044721	0,568333			92,00	1,85	34,76
7	1,188380	0,852196					72,52	3,43	64,42
8	54,122630	1,638028	0,705606				74,52	3,30	62,12
9	0,517075	0,541099	0,267302	0,353873			95,32	1,42	26,61
10	-0,481812	0,832845	-1,998998	0,787340	1,887152	-0,625390	79,50	2,96	55,67
11	-0,006188	0,582457	0,500822				93,03	1,73	32,46
12	-0,453775	0,688019	0,339045				84,46	2,58	48,47

Em que: Eq. = equações;  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$  = coeficientes das equações; R<sup>2</sup><sub>aj</sub> = coeficiente de determinação ajustado; S<sub>yx</sub> = erro padrão da estimativa; CV = coeficiente de variação; Modelos das equações, ver tabela 4.

Houve uma tendências a subestimação do volume das árvores de menor diâmetro pelas equações 1 e 2 e superestimação pela demais equações (Figura 22).

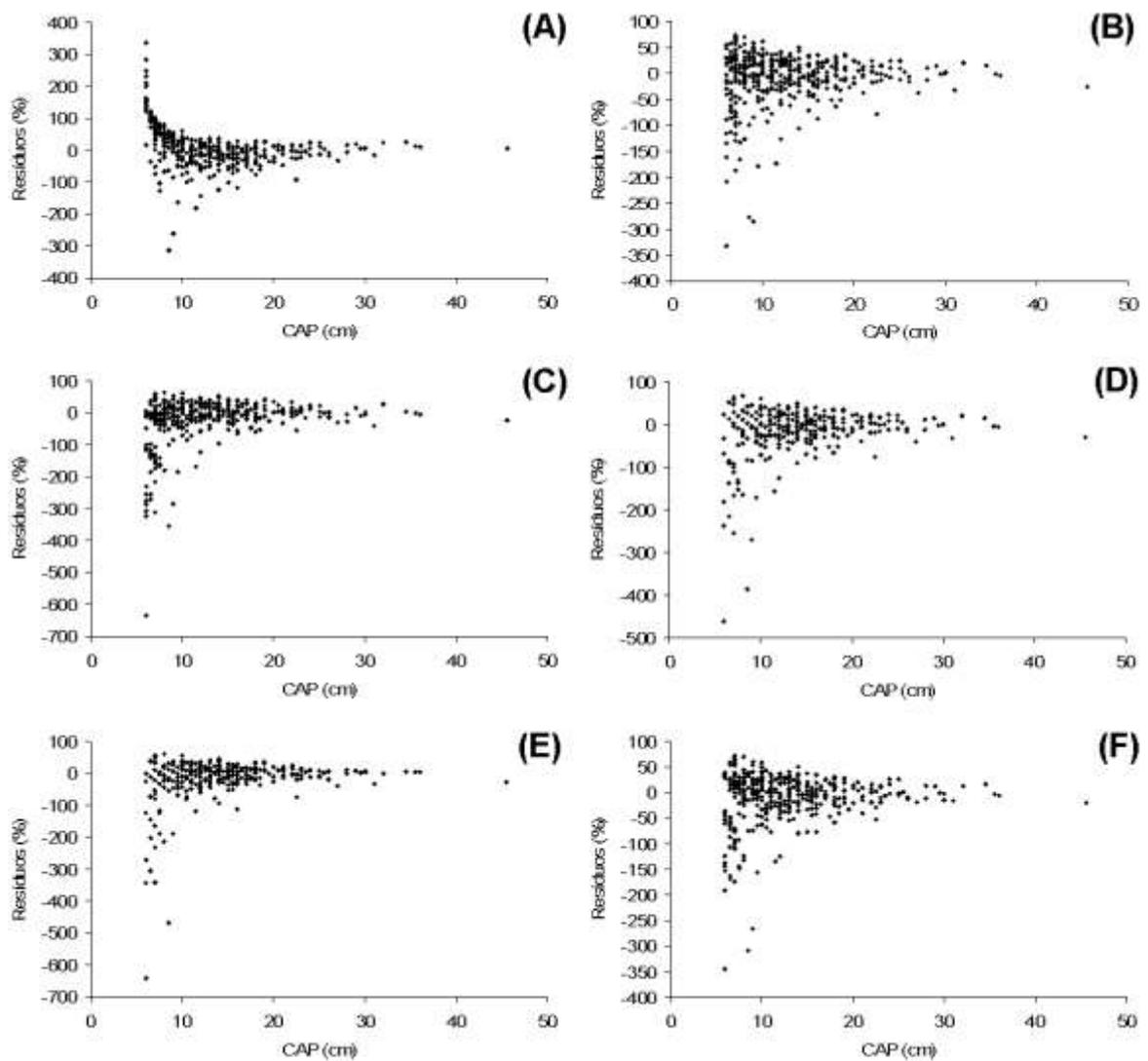


Figura 23: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar biomassa verde de árvores do grupo C em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 2; B = equação 4; C = equação 5; D = equação 6; E = equação 9; F = equação 11. (\*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.

#### 4.5.2.2.4. Biomassa verde do grupo M

As espécies do Grupo M apresentaram altura média de 4,69 m e CAP máximo de 86 cm, e número de galhos não superior 35 (Tabela 42).

Tabela 42: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionadas a biomassa verde observada de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos; CG: circunferência na base do maior galho; PF: peso do fuste (kg); PG: peso de galho (kg); PT: peso total (kg).

Parâmetros	CAP	H	NG	CG	PF	PG	PT
Média	0,2333	4,6947	4,3947	0,1262	25,4539	27,2592	52,7132
Erro padrão	0,0362	0,2723	1,3824	0,0254	7,2319	11,9698	18,6878
CV%	95,61	35,76	193,91	123,85	175,14	270,69	218,54
Desvio padrão	0,2230	1,6788	8,5220	0,1563	44,5804	73,7870	115,1996
EA%	62,04	23,20	125,83	80,37	113,65	175,64	141,81
Variância da amostra	0,0497	2,8183	72,6238	0,0244	1987,4133	5444,5189	13270,9418
Curtose	1,9838	-0,5886	5,5785	0,1019	3,4832	14,9133	9,0886
Assimetria	1,6827	0,6499	2,4178	1,0829	2,1392	3,6893	2,9751
Intervalo	0,8	6,3	35	0,51	159,75	380,5	535,75
Mínimo	0,06	2	0	0	0,25	0	0,25
Máximo	0,86	8,3	35	0,51	160	380,5	536
Soma	8,865	178,4	167	4,795	967,25	1035,85	2003,1
Contagem	38	38	38	38	38	38	38
Nível de confiança (95,0%)	0,0733	0,5518	2,8011	0,0514	14,6532	24,2532	37,8652

Após aplicar o procedimento Stepwise nos modelos testados, as novas equações assim ficaram: equação 1 perde variável CG, a equação 4 perdeu a variável NG, a equação 6 perdeu as variáveis CG e NG, na equação 10 permaneceram as seções S1315, S0917, S0507, S0311, as equações 11 e 12 utilizou a seção S1315 como uma das variáveis, a equação 11 perdeu NG e a equação 12 perdeu CG, ficando ambas iguais.

O coeficiente de variação variou de 15,79 a 64,71%, apresentando valores de  $R^2_{aj}$ . Entre 0,9138 e 0,9949. Com relação ao  $S_{yx}$ , os valores variaram de 6,15 a 25,21. Considerando as medidas de precisão, observou-se que o modelo 10  $V_i = \beta_0 + \beta_1.VS\ 1315 + \beta_1.VS\ 0917 + \beta_1.VS\ 0507 + \beta_1.VS\ 0311 + \varepsilon_i$  ( $R^2= 99,49\%$ ,  $S_{yx}= 6,15$  e  $CV= 15,79\%$ ) apresentou melhor desempenho para estimar o volume do Grupo M da vegetação que os demais modelos, e com pior ajuste o modelo 1 (Tabela 43).

Tabela 43: Resultado da análise de regressão do ajustes das equações testadas para a estimativa de biomassa verde de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.

Eq.	coeficientes					$R^2_{aj}$ (%)	$S_{yx}$	CV (%)
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$			
1	17,319700	1,297789	-0,404046			91,38	25,21	64,71
2	12,223566	0,852107	-0,274819	0,366624		93,42	22,04	56,56
3	8,071618	0,787253	-0,071949	0,270982		98,66	9,95	25,53
4	8,831257	1,046503	-0,072947			98,00	12,16	31,20
5	-3,540814	0,933010	0,069983			98,52	10,46	31,20
6	-5,563991	0,989482				97,84	12,61	32,37
7	-1,481912	0,992301				98,42	10,80	27,71
8	62,784572	2,161329	1,054599			98,60	10,47	26,88
9	-5,111219	0,621942	0,305467	0,087395		98,63	10,06	25,82
10	-3,401350	0,577395	1,268973	4,580677	-5,416820	99,49	6,15	15,79
11	-5,177824	0,989416				97,80	12,65	32,47
12	-5,177824	0,989416				97,80	12,65	32,47

Em que: Eq. = equações;  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$  = coeficientes das equações;  $R^2_{aj}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}$  = erro padrão da estimativa; CV = coeficiente de variação; Modelos das equações, ver tabela 4.

Houve uma tendências a subestimação do volume das árvores de menor diâmetro pelas maioria das equações, exceto o modelo 8 que apresentou a distribuição dos resíduos mais homogêneos em relação aos demais (Figura 21).

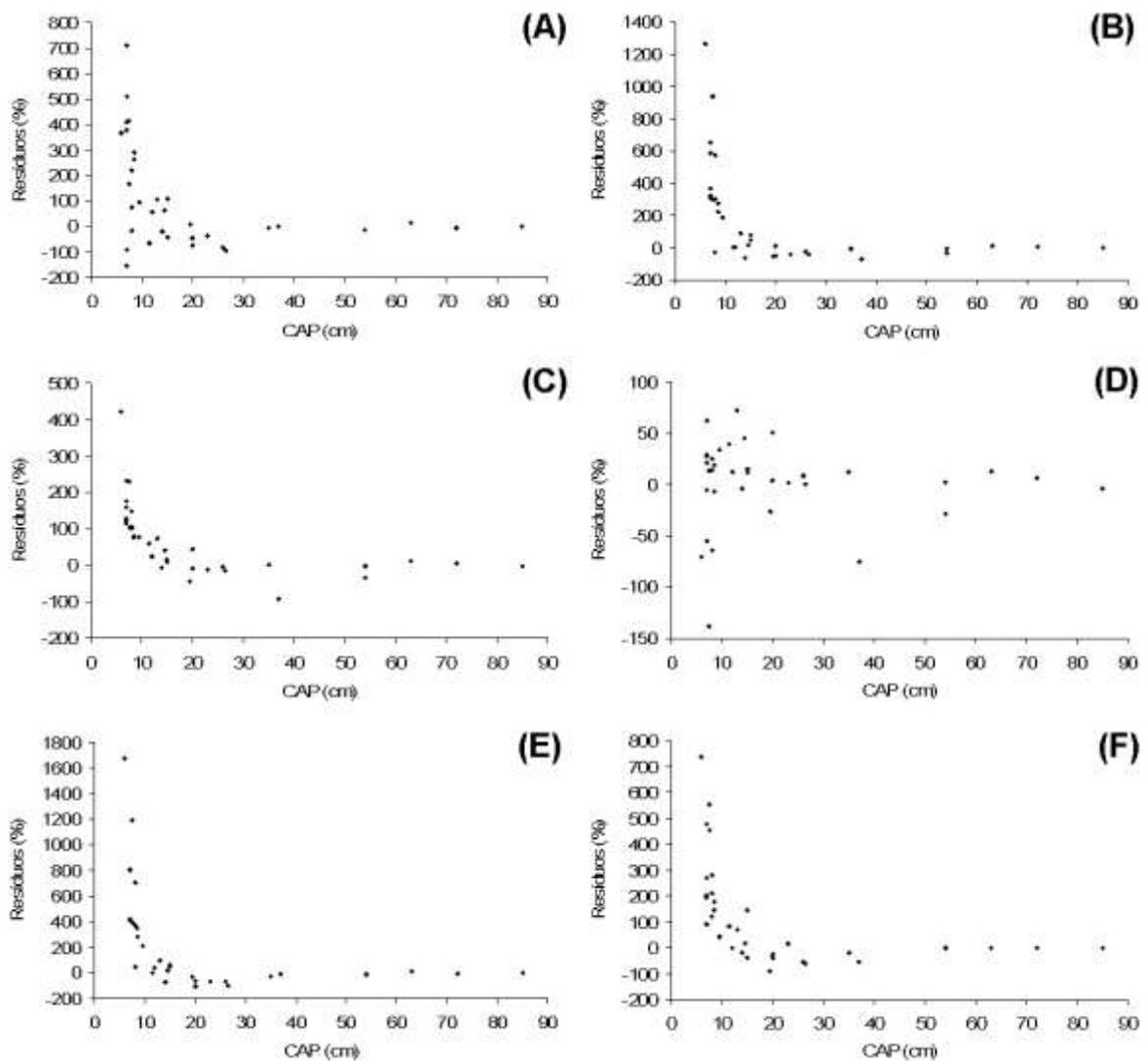


Figura 24: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar biomassa verde de árvores do grupo M em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 3; B = equação 5; C = equação 7; D = equação 8; E = equação 9; F = equação 10. (\*) Modelos das equações, ver tabela 4. Resíduo das demais equações no apêndice.

Avaliando as distribuições dos resíduos das estimativas, foi observado um erro percentual maior para as classes menores. Campos et al. (2001), estimando volume de povoamentos mistos de mata nativa em Minas Gerais verificou erros para volume de galhos superiores da 500%, bem como a mesma superestimação para volumes nas classes de DAP até 20 cm. Higuichi et al. (1998), Chambers et al. (2001), Santos et al. (2001) identificaram a mesma superestimação para os menores valores de DAP estimando fitomassa acima do solo na Amazônia.

Santos et al. (2006) salientaram que modelos de volume e biomassa testados para espécies nativas folhosas os erros em geral são elevados, devido às espécies

possuírem arquiteturas de fuste diferenciadas. Uma solução para melhorar as estimativas dos modelos, seria realizar a divisão dos dados em grupos, por classe diamétrica como realizado por outros estudos (ZÁKIA et al., 1992; REZENDE et al., 2006; SANTOS et al., 2006; SILVA, 2006; IMAÑA-ENCINAS et al., 2009) e sugerida por Campos e Leite (2006), vale salientar, que a estrutura geral da vegetação, descrita no inventário, demonstrou que na amplitude de 1,91 a 7,91 cm concentram 75% dos indivíduos da vegetação.

## 5. CONCLUSÕES

A espécie *Poincianella bracteosa* apresentou-se como dominante na área de estudo, destacando-se em número de indivíduos, área basal e volume de madeira.

Nem todas as espécies apresentam recrutamento de indivíduos regenerantes de forma contínua na área de caatinga em estudo. As espécies *Bauhinia cheilanta* e *Poincianella bracteosa* demonstraram-se estabilizadas no local.

Com a aplicação de técnicas de análise multivariada foi possível estratificar a vegetação, e verificar a formação de grupos distintos.

O volume de madeira da vegetação concentrou-se nos indivíduos de até 15 cm de DAP, em virtude das altas densidades nesta faixa de diâmetro.

As equações apresentaram uma tendência a superestimação do volume das árvores de menor diâmetro pelas equações, e a divisão das espécies da vegetação por grupos proporcionou ganho de precisão nas estimas de volume e biomassa para a vegetação.

O modelo 9 que utilizou o quadrado das variáveis, circunferência na altura de 1,3m ( $CAP^2$ ), a circunferência na base do maior galho ( $CG^2$ ) e o número de ganho ( $NG^2$ ), proporcionou melhores medidas de precisão, e que o modelo de Schumacher-Hall apresentou distribuição mais homogênea dos resíduos, na maioria dos dados analisados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, U. P.; ANDRADE, L. H. C.; CABALLERO, J. Structure and floristic of homegardens in Northeast of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 62, p. 491-506, 2005.

ALBUQUERQUE, U. P. et al. How ethnobotany can aid biodiversity conservation: reflections on investigations in the semi-arid region of NE Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v. 18, p. 127-150, 2009.

ALCOFORADO-FILHO, F.; G. SAMPAIO. E. V. de S. B.; RODAL. M. J. N. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifolia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. **Acta Botanica Brasilica**. São Paulo, v. 17, n. 2, 2003, p. 287-303.

ALMEIDA NETO, J. X. et al. Composição florística, estrutura e análise populacional do Feijão-bravo (*Capparis flexuosa* L.) no semiárido paraibano, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 187-194, 2009.

ALMEIDA, C. F. C. B. R. et al. Life strategy and chemical composition as predictors of the selection of medicinal plants from the caatinga (Northeast Brazil). **Journal of Arid Environments**, v. 62, n. 1, p. 127-142, 2005.

ALVES JUNIOR, F. T. et al. Estrutura diamétrica de um fragmento de Floresta Atlântica em matriz de cana-de-açúcar, Catende, Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 328-333, 2009.

ALVES, L. S. et al. Regeneração natural em uma área de caatinga situada no município de Pombal-PB–Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 2, p. 152-168, 2010.

AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustiva-arborea de uma área de caatinga do Sériado, RN, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 615-623, 2005.

ANDRADE, L.A. et al. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, estado da Paraíba. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 253-26, 2005.

ANDRADE, L. A. et al. Análise da vegetação sucessional em campos abandonados no agreste paraibano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.2, n.2, p.135-142, 2007.

APG II. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 141, n.4, p. 399-436, 2003.

ARAÚJO, L. V. C.; LEITE, J. A. N.; PAES, J. B. Estimativa da produção de biomassa de um povoamento de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret. com cinco anos de idade. **Biomassa & Energia**, Viçosa-MG, v. 1, n. 4, p. 347-352, 2004.

ASSIS, A. L. et al. Avaliação de modelos polinomiais não segmentados na estimativa de diâmetros e volumes comerciais de *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 89-108, 2002.

BALBINOT, R. et al. Ajuste de equações alométricas para *Araucária angustifolia* (Bert.) O. Ktze. utilizando análise de componentes principais conjuntamente com análise de regressão, **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 232-237, 2009.

BARBOSA, M. R. V. et al. Vegetação e flora no Cariri Paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, p. 313-322, 2007.

BARROS, B. C. **Volumetria, calorimetria e fixação de carbono em florestas plantadas com espécies exóticas e nativas usadas como fonte energética no Pólo Gesseiro do Araripe-PE**. 2009. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

BRASIL. Lei Federal. Código Florestal Brasileiro – Lei nº 4771 de 15 de setembro de 1965. Brasília: Congresso Federal, 1965. 60 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional 2009**: ano base 2008. EPE: Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente-MMA. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 06**, de 23 de setembro de 2008. Disponível em: [http://www.ibama.gov.br/recursos-florestais/wp-content/files/IN-MMA\\_06-2008.pdf](http://www.ibama.gov.br/recursos-florestais/wp-content/files/IN-MMA_06-2008.pdf). Acesso em: 25 set 2009.

BRAZ, E. M. **Subsídios para o planejamento do manejo de floresta tropicais da Amazônia**. 2010. 236 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

BRITO, J. O. Fuelwood utilization in Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v. 12, n. 1, p. 69-74, 1997.

BRITO, J. O.; CINTRA, T. C. Madeira para energia no Brasil: Realidade, visão estratégica e demandas de ações. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 2, p. 157-163, 2004.

BRITO, J. O. **O Uso Energético da Madeira**. Estudos Avançados, v. 21, n 59, p. 185-193, 2007.

BROWER, J. E.; ZARR, J. H. **Field and Laboratory Methods for General Ecology**, 2 ed. Iowa: W. C. Brown Co. Publishers, 1984. 226p.

BURGER, D. **Ordenamento florestal I: a produção florestal**. Curitiba: FUPEF, Curitiba, 1980. 124 p.

CALIXTO JÚNIOR, J. T. **Análise estrutural de duas fitofisionomias de caatinga em diferentes estados de conservação no semiárido pernambucano**. 2009. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2009.

CAMPELLO, F. B. et al. **Diagnóstico florestal da região Nordeste**. Brasília-DF: FAO/IBAMA, 1999. 20p.

CAMPELLO, F. C. B. et al. **Avaliação dos recursos florestais da Área de Proteção Ambiental Chapada do Araripe**. Crato: MMA, 2000. 68 p.

CAMPOS, J. C. C.; RIBEIRO, J. C., COUTO, L. Emprego da distribuição diamétrica na determinação da intensidade de corte em matas naturais submetidas ao sistema

de corte em matas naturais submetidas ao sistema de seleção. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.7, n.2, p. 110-122, 1983.

CAMPOS, J. C. C.; SILVA, J. A.; VITAL, B. R. Volume e Biomassa do Tronco e da Copa de Eucalipto de Grande Porte. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 16, n. 3, p. 319-336, 1992.

CAMPOS, J. C. C. et al. Estimação de volumes do tronco e da copa de árvores de povoamentos mistos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 25, n. 4, p. 471-480, 2001.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. 2 ed. Viçosa-MG: UFV, 2006. 407 p.

CARIOCA, J.O.B., ARORA, H.L. **Biomassa: Fundamentos e Aplicações Tecnológicas**. Fortaleza: UFC, 1984. 644 p.

CAVALCANTI, A.D.C. et al. Mudanças florísticas e estruturais, após cinco anos, em uma comunidade de Caatinga em Pernambuco. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 23, p. 95-97, 2009.

CHAMBERS, J.Q. et al. Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, v. 152, p. 73-84, 2001.

CHAVE, J. et al. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, v. 145, p. 87-99, 2005.

CHICHORRO, J.F.; REZENDE, J.L.P.; LEITE, H.G. Equações de volume e de taper para quantificar multiprodutos da madeira em Floresta Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 6, p. 799-810, 2003.

Cintra, T. C. **Avaliações energéticas de espécies florestais nativas plantadas na região do Médio Paranapanema, SP**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

COELHO, D. J. **Modelo de gestão florestal sustentável para a microrregião de Viçosa, Minas Gerais**. 1999. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

COLPINI, C. et al. Determinação do volume, do fator de forma e da porcentagem de casca de árvores individuais em uma Floresta Ombrófila Aberta na região noroeste de Mato Grosso. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 1, p. 97-104, 2009.

COMITÊ TÉCNICO CIENTÍFICO DA REDE DE MANEJO FLORESTAL DA CAATINGA. **Rede de manejo florestal da Caatinga**: protocolo de medições de parcelas permanentes/Comitê Técnico Científico. Recife: APNE-Associação Plantas do Nordeste, 2005. 21 p.

COSTA, R. C.; ARAÚJO, F. S.; LIMA-VERDE, L. W. Flora and life-form spectrum in an area of deciduous thorn woodland (caatinga) in northeastern, Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 68, p. 237-247, 2007.

COSTA, T. C. C. et al. Phytomass mapping of the "Seridó caatinga" vegetation by the plant area and the normalized difference vegetation indices. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 707-715, 2002.

COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L.M. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de Eucalyptus no Estado de São Paulo. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais - IPEF**, Piracicaba, v. 37, p. 42-49, 1987.

COUTO, H. T. Z.; VETTORAZZO, S. C. Seleção de equações de volume e peso seco comercial para *Pinus taeda*. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 69-80, 1999.

COUTO, L. C. et al. Vias de valorização energética da biomassa. **Biomassa & Energia**, Viçosa-MG, v. 1, n. 1, p.71-92, 2004.

CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instrução Normativa CPRH Nº 07/2006 de 29 de dezembro de 2006. Disciplina os procedimentos da CPRH referentes à aprovação da localização da Reserva Legal em propriedades e posses rurais; à autorização para supressão de vegetação e intervenção em Áreas de Preservação Permanente e à autorização para o desenvolvimento das atividades florestais no Estado de Pernambuco. Recife, PE, 29

dez. 2006. Disponível em: <[http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/instrucoes\\_normativas/cprh\\_agencia\\_estadual\\_meio\\_ambiente\\_recursos\\_hidricos/39805%3B75610%3B140606%3B0%3B0.asp](http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/instrucoes_normativas/cprh_agencia_estadual_meio_ambiente_recursos_hidricos/39805%3B75610%3B140606%3B0%3B0.asp)>. Acesso em: 07 abr. 2009.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa-MG: UFV, 1997. 390 p.

DAVIS, L. S. et al. **Forest management: To sustain ecological, economic, and social values**. 4.ed. Long Grove: Waveland Press, Inc, 2001. 804 p.

DRUMOND, M. A. et al. A. Produção e distribuição de biomassa de espécies arbóreas no semi-árido Brasileiro. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 4, p. 665-669, 2008.

EISFELD, R. L. et al. Modelo de Hradetzky aplicado à estimativa do volume total para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Ambiência**, Guarapuava, v. 4, n.1, p. 51-66, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco – ZAPE**. 2007. Disponível em:<<http://www.uep.cnps.embrapa.br/zape>>. Acesso em: 15 dez. 2010.

FABRICANTE; J. R.; ANDRADE, L. A. Análise estrutural de um remanescente de caatinga no Seridó paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v.11, n 3, p. 341-349, 2008.

FELFILI, J.M.; REZENDE R.P. **Conceitos e Métodos em Fitossociologia**. Brasília: Universidade de Brasília, 2003. 68 p.

FERREIRA, R. L. C.; VALE, A. B. do. Subsídios básicos para o manejo florestal da caatinga. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, parte 2, p. 368-375, 1992.

FERREIRA, D. F. **Estatística Multivariada**. 1. ed. Lavras: Editora UFLA, 2008. 662 p.

FERREIRA, R. L. C.; et al. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.7-12, 2007.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM, FATEC, 1992. 269 p.

FLORENTINO, A. T. N.; ARAÚJO, E. L.; ALBUQUERQUE, U. P. Contribuição de quintais agroflorestais na conservação de plantas da caatinga, Município de Caruaru, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 37-46, 2007.

FRACKER, S., BRISCHLE, H. Measuring the local distribution of shrubs. **Ecology**, n. 25, p.283-303, 1944.

FORZZA, R.C.; LEITMAN, P.M.; COSTA, A.F.; CARVALHO JR., A.A.; PEIXOTO, A.L.; WALTER, B.M.T.; BICUDO, C.; ZAPPI, D.; COSTA, D.P.; LLERAS, E.; MARTINELLI, G.; LIMA, H.C.; PRADO, J.; STEHMANN, J.R.; BAUMGRATZ, J.F.A.; PIRANI, J.R.; SYLVESTRE, L.; MAIA, L.C.; LOHMANN, L.G.; QUEIROZ, L.P.; SILVEIRA, M.; COELHO, M.N.; MAMEDE, M.C.; BASTOS, M.N.C.; MORIM, M.P.; BARBOSA, M.R.; MENEZES, M.; HOPKINS, M.; SECCO, R.; CAVALCANTI, T.B.; SOUZA, V.C. 2010. Introdução. in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2010. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/>. Acesso em: 11 out. 2010.

FUNDETEC – Fundação de Desenvolvimento Tecnológico do Cariri. **Política Ambiental e Gestão dos Recursos Naturais para a Bio-região do Araripe**. Crato: FUNDETEC ,1999.

GAMA, J. R. V.; BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Manejo sustentado para Floresta de Várzea na Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 5, p. 719-729, 2005.

GENTIL, L. V. B. **Tecnologia e Economia do Brique de Madeira**. 2008. 195 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

GERHARDT, E. J. et al. Contribuição da análise multivariada na classificação de sítios em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., baseada nos fatores físicos e morfológicos do solo e no conteúdo de nutrientes da serapilheira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 41-57, 2001.

GIMENES, R.; COUTO, H. T. Z.; FERRARI, M. P. Estimativa do volume de madeira de desbaste de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. **O Solo**, Piracicaba, v. 80, p. 70-73, 1995.

GOLDEMBERG, J. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: Ed. Edusp, 1998. 234 p.

GOLDEMBERG, J. Pesquisa e desenvolvimento na área de energia. **SÃO PAULO EM PERSPECTIVA**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 2000.

GOMES, A. P. C.; SOUZA, A. L. de; MEIRA NETO, J. A. A. Alteração estrutural de uma área florestal explorada convencionalmente na bacia do Paraíba do Sul, Minas Gerais, nos domínios de floresta atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, p. 407-417, 2004.

GOMES, A.P.S.; RODAL, M.J.N.; MELO, A.L. Florística e fitogeografia da vegetação arbustiva subcaducifólia da Chapada de São José, Buíque, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 20, p. 37, 2006.

HESS, A. F.; SCHNEIDER, P. R.; ANDRADE, C. M. Crescimento em volume de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na serra do sudeste do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 247-256, 2007.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente**. tradução da 3ª ed. norte-americana. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. 543 p.

HOSOKAWA, R. T. Estrutura e manejo de floresta natural em regime de rendimento sustentado. In: **Curso de atualização em manejo florestal**. Associação Paranaense de Engenheiros Florestais, Curitiba. 1988.

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

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis **Manejo Florestal Sustentado da Caatinga**. 2. ed. Brasília: IBAMA, 1999.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa N° 3 de 4 de maio de 2001, que versa sobre procedimentos

relativos ao Manejo Florestal Sustentável da vegetação nativa e suas formações sucessoras na região Nordeste do Brasil. Brasília: IBAMA, 2001.

IBGE-. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas de biomas e vegetação**. 2005. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 02 nov. 2008.

IMAÑA-ENCINAS, J. et al. Equações de volume de madeira para o cerrado de Planaltina de Goiás. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n.1, p. 107-116, 2009.

IMAÑA-ENCINAS, J.; KLEINN, C. Determinação do volume de madeira em matas de galeria. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 20, n. 70, p. 32-41, 2001.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO-ITEP. **Climatologia**. 2010. Disponível em: <http://www.itep.br/LAMEPE.asp>. acesso em: 25 out. 2010.

KAUFFMAN, J. B. et al. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests. **Ecology**, Durham, v. 74, n.1, p. 140-151, 1993.

KURTZ, B. C.; ARAÚJO, D. S. D. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de um trecho de Mata Atlântica na Estação Ecológica Estadual do Paraíso, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguesia**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 78/115, p. 69-112, 2000.

LEAL, I. R. et al. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**. Belo Horizonte, v. 1. n. 1, p.139-146, 2005.

LEMONS, J. R.; RODAL, M. J. N. Fitossociologia do componente lenhoso de um trecho da vegetação de Caatinga no Parque Nacional Serra da Capivara Piauí, Brasil. **Acta Botânica. Brasilica**. São Paulo, v. 16, n. 1, p 23-42, 2002.

LIMA, C. R.; LIMA, G. D.; PAES, J. B. Consumo residencial de energéticos para cocção nas comunidades Santana e Queimadas, Santa Terezinha, Paraíba, Brasil. **Biomassa & Energia**, Viçosa-MG, v. 3, n. 2, p. 83-96, 2006

MACHADO, S. A. et al. Modelagem volumétrica de *Pinus elliottii* Engelm. no planalto do estado de Santa Catarina. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 24, n. 1, p. 91-96, 2001.

MACHADO, S. A.; CONCEIÇÃO, M. B.; FIGUEIREDO, D. J. Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. **Revista Ciências Exatas e Naturais Unicentro**, Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 185-197, 2002.

MACHADO, S. A. et al. Comparação de métodos de cubagem absolutos com o volume obtido pelo xilômetro para bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth). **CERNE**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 239-253, 2006.

MACHADO, S. A. et al. Modelagem do volume e do peso da casca de Bracatinga (*Mimosam scabrella* Benth) na região metropolitana de Curitiba, Paraná. **Revista Ambiente e Água**, v. 1, n. 2, p. 39-51, 2007.

MACHADO, S. A. et al. Modelagem volumétrica para bracatinga (*Mimosa scabrella*) em bracatingais nativos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo v. 56, p. 17-27, 2008a.

MACHADO, S. A. et al. Modelagem do volume do povoamento para *Mimosa scabrella* Benth. na região metropolitana de Curitiba. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 465-478, 2008b.

MACHADO, S. A. et al. Distribution of total height, transverse area and individual volume for *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 12-21, 2010a.

MACHADO, M. F.; GOMES, L. J.; MELLO, A. A. Caracterização do consumo de lenha pela atividade de cerâmica no estado de Sergipe. **FLORESTA**, Curitiba, v. 40, n. 3, p. 507-514, 2010b.

MACHADO, S. A.. Tabela de Volumes para *Pinus taeda* na região de Telêmaco Borba - PR. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 10, n. 1, p. 29-35, 1979.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 1. ed. Curitiba: os autores, 2003. 309p.

MACHADO, S. A.; GARCIA, E.R. Determinação de Volume da casca em plantações de *Pinus taeda*. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 15, n. 1-2, p. 17-25, 1984.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton: Princeton University Press, 1988.192p.

MANLY, B.J.F. **Métodos estatísticos multivariados**: uma introdução. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 229 p.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Agroenergia**. 2ª ed. rev. Brasília, DF: Embrapa, 2006. 110 p. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/PLANOS/PNA\\_2006\\_2011/PLANO%20NACIONAL%20DE%20AGROENERGIA%202006%20-%202011-%20PORTUGUES.PDF](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/PLANOS/PNA_2006_2011/PLANO%20NACIONAL%20DE%20AGROENERGIA%202006%20-%202011-%20PORTUGUES.PDF). Acesso em: 15 set. 2010

MARACAJÁ, P. B. et al. Levantamento florístico e fitossociológico do estrato arbustivo-arbóreo de dois ambientes na Vila Santa Catarina, Serra do Mel, RN. **Revista Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, v. 3, n. 2, 2003.

MARTINS, F. R. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Campinas: UNICAMP, 1991. 245 p.

MARTINS, S. S. et al. Efeito da exploração florestal seletiva em uma floresta estacional semidecidual. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.1, p.65-70, 2003.

MATA NATIVA 2. **Manual do usuário**. – Viçosa: Cientec, 2006. 295 p.

McGUINNES, W. G. The relationship between frequency index and abundance as applied to plant populations in a semi-arid region. **Ecology**, v.16, p.263-282, 1934.

MELO, V. T. T. O manejo florestal visto como um ativo ambiental impulsionador do desenvolvimento local com a geração de emprego e renda. In ENGEMA - ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 9., 2007, Curitiba. **Anais...**, Curitiba: Faculdade Positivo, 2007. P. 1-12. Disponível em: <<http://www.engema.up.edu.br/arquivos/engema/pdf/PAP0250.pdf> />. Acesso em: 26 set. 2010.

METZGER, J. W. P.; GOLDENBERG, R. ; BERNACCI, L. C. Diversidade e estrutura de fragmentos de mata de várzea e de mata mesófila semidecídua submontana do

rio Jacaré-Pepira (SP). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 321-330, 1998.

MEYER, H. A. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. **Journal of Forestry**, n. 52, v. 2, p. 85-92, 1952.

MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 297 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Serviço Florestal Brasileiro. **Manejo Florestal Sustentável**. 2010. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/>. Acesso em: 22 out. 2010.

MOREIRA, J. N. et al. Caracterização da vegetação de Caatinga e da dieta de novilhos no Sertão de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.11, p.1643-1651, 2006.

MOURA, O.N. et al. Distribuição de biomassa e nutrientes na área de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Árvore**, v. 30, n. 6, p. 877-884, 2006.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Wiley & Sons, 1974. 547p.

NASCIMENTO, C. E. S.; RODAL, M. J. N.; CAVALCANTI, A. C. Phytosociology of the remaining xerophytic woodland associated to an environmental gradient at the banks of the São Francisco river - Petrolina, Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 271-287, 2003.

NÓBREGA, F. A. et al. **Importância sócio-econômica dos recursos florestais do Estado de Pernambuco**. Recife: PNUD/FAO/IBAMA/GOVERNO DE PERNAMBUCO, 1998. 44 p. (Documento de Campo FAO, 18).

NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S. **Dendroenergia**: Fundamentos e Aplicações. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 199 p.

OLIVEIRA, M. L. R. et al. Estimação do volume de árvores de clones de eucalipto pelo método da similaridade de perfis. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 33, p. 133-141, 2009.

- OLIVEIRA, M. L. R. et al. Equações de volume de povoamento para fragmentos florestais naturais do município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.2, p.213-225, 2005.
- PAULA NETO, F. et al. Equações de volume de casca de *Eucalyptus* de diferentes idades e condições de local, espécie e métodos de regeneração. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 16, p. 157-169, 1992.
- PAULA NETO, F. Tabelas volumétricas com e sem casca para *Eucalyptus* sp. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 1, n. 1, p. 31-54, 1977.
- PAYANDEH, B. Comparacion of method for assessing spatial distribution of trees. **Forest Science**, v.16, n.3, p. 312-317, 1970.
- PÉLLICO NETTO, S. Equivalência volumétrica: uma nova metodologia para estimativa do volume de árvores. **Revista Acadêmica. Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 17-30, 2004.
- PEREIRA, I. M. et al. Regeneração natural em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste Paraibano. **Acta Botanica Brasilica**. São Paulo, v. 15, n. 3, p. 413-426, 2001
- PEREIRA, I. M. L. et al. Composição florística e análise fitossociológica do componente arbustivo-arbóreo de um remanescente florestal no Agreste Paraibano. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 16, n. 3, p.357-369, 2002.
- PEREIRA, I. M. et al. Use-history effects on structure and flora of caatinga. **Biotropica**, v. 35, n. 2, p. 154–165, 2003.
- PIELOU, E.C. *Mathematical Ecology*. New York: John Wiley & Sons, 1977. 385 p
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. A determinação de equações volumétricas na engenharia florestal. **IPEF- Série Técnica**, Piracicaba, v. 9, n. 26, p. 1-36, 1993.
- QUEIROZ, J. A. et al. Análise da estrutura fitossociologica da Serra do Monte, Boqueirão, Paraíba. **Revista Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 1, 2006.
- RAMOS, M. A. et al. Use and knowledge of fuelwood in an area of caatinga vegetation in NE Brazil. **Biomass & Bioenergy**, v. 32, p. 510-517, 2008a.

RAMOS, M. A. et al. Can wood quality justify local preferences for firewood in an area of caatinga (dryland) vegetation. **Biomass & Bioenergy**, v. 32, p. 503-509, 2008b.

RANGEL, M.S. et al. Melhoria na precisão da prescrição de manejo para floresta natural. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 145-156, 2006.

REZENDE, A.V. et al. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa lenhosa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado *sensu stricto* em Brasília, DF. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 71, p. 65-76, 2006.

RIBEIRO, C. A. S. et al. Seleção de modelos volumétricos para leucena no Agreste do Estado de Pernambuco. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 20, n. 72, p. 37-45, 2001.

RODAL, M.J.N.; SAMPAIO, E.V.S.B. 2002. A vegetação do Bioma Caatinga. In: Sampaio et al. (eds.). **Vegetação e Flora da Caatinga**. Recife: APNE, 2002. 176 p.

RODAL, M. J. N.; MARTINS, F. R.; SAMPAIO, E. V. S. B. Levantamento quantitativo das plantas lenhosas em trechos de vegetação de caatinga em Pernambuco. **Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 3, p. 192-205, 2008a.

RODAL, M.J.N.; COSTA, K.C.C ; LINS-e-SILVA, A.C.B. Estrutura da Vegetação Caducifólia Espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. **Hoehnea**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 209-217, 2008b.

RODAL, M.J.N. et al. Flora vascular e formas de vida das plantas em um hectare de vegetação de caatinga no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, p. 17-24, 2009.

ROLIM, S.G. et al. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, p. 107-114, 2006.

RUFINI, A.L. et al. Equações volumétricas para o cerrado *sensu stricto*, em Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 1-11, 2010.

SÁ, I. B.; RICHE, G. R.; FOTIUS, G. A. Fatores abióticos: áreas e ações prioritárias para conservação da caatinga. In: SILVA, J.M.C. et al. (Org.). **Biodiversidade da caatinga: e ações prioritárias para conservação**. Brasília: MMA, 2003. p. 37-44.

SAMPAIO, E.V.S.B. et al. Regeneração da vegetação de caatinga após corte e queima, em Serra Talhada, PE. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 621-632, 1998.

SAMPAIO, E. V. S. B. Uso das plantas da caatinga. In: SAMPAIO, E. V. S. B. et al. (Org.). **Vegetação e flora da caatinga**. Recife: APNE-CNIP, 2002, v. 1, p. 49-90.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SILVA, G. C. Biomass equations for Brazilian semiarid caatinga plants. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 937-945, 2005.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ROJAS, C. F. L. G.; ARAÚJO, M. S. B. Espacialização do uso da vegetação nativa no semi-árido nordestino. **Revista de Geografia**, Recife, v. 23, p. 117-156, 2006.

SAMPAIO, E.V.S.B.; FREITAS, A.D.S. Produção de biomassa na vegetação nativa do semi-árido nordestino. In: Menezes, R.S.C.; Sampaio, E.V.S.B.; Salcedo, I.H.. (Org.). **Fertilidade do solo e produção de biomassa no semi-árido**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2008. v. 1, p. 11-26.

SAMPAIO, E. V. S. B. et al. Tree biomass estimation in regenerating areas of tropical dry vegetation in northeast Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 1135-1140, 2010.

SAMPAIO, E. V. S. B. Características e Potencialidades. In: GARIGLIO, M. A. et al. (Org.) **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 29-48.

SANQUETTA, C. R. Métodos de determinação de biomassa. In: \_\_\_\_\_; et al. (Org.). **As Florestas e o Carbono**. 1 ed. Curitiba-PR: Autores, 2002, v. 1, p. 119-140.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Diversidade e estrutura fitossociológica da caatinga na estação ecológica do Seridó-RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.6, n. 2, p. 232-242, 2006.

SANTOS, J. et al. Modelos estatísticos para estimar a fitomassa acima do nível do solo da floresta tropical úmida da Amazônia Central. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 25, n. 4, p. 445-454, 2001.

SANTOS, J.H.S. et al. Distinção de grupos ecológicos de espécies florestais por meio de técnicas multivariadas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, p. 387-396, 2004.

SANTOS, K. et al. Equações volumétricas por classe diamétrica para algumas espécies folhosas da Floresta Ombrófila Mista no Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 8, n. 1, p. 99-112, 2006.

SANTOS, M. F. A. V. et al. Diversidade e densidade de espécies vegetais da caatinga com diferentes graus de degradação no município de Floresta, Pernambuco, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 2, p. 389-402, 2009.

SCHAAF, L. B. et al. Alteração na estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista no período entre 1979 e 2001. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 2, p. 283-295, 2006.

SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. **Manejo Sustentado de Florestas Inequiâneas Heterogêneas**. Santa Maria: UFSM. 2000. 195 p.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. 2. ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2009. 294 p.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao manejo florestal**. 2. ed. Santa Maria: FACOS - UFSM, 2008. 566 p.

SCHNEIDER, P. R. et al. Equações de volume para *Eucalyptus dunnii* Maiden, determinadas para a Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 425-428, 1997.

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.

SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M.; LIMA, C.S.A. Obtenção de relações quantitativas para estimativa de volume do fuste em floresta estacional semidecídua montana. **Cerne**, Lavras, v.1, p.123-134, 1995.

SCOLFORO, J. R. S.; **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 438 p.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SILVA, J.A.A. **Análise de equações volumétricas para construção de tabelas de volume comercial para *Eucalyptus* spp., segundo a espécie, região e método de regeneração**. 1977. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1977.

SILVA, J. A. A. et al. Análise de modelos volumétricos para construção de tabelas de volume comercial de *Eucalyptus* spp., segundo a espécie, a região e os métodos de regeneração.. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 2, p. 86-99, 1978.

SILVA, J. A. A.; PAULA NETO, F. **Princípios básicos de dendrometria**. Recife: UFRPE, 1979. 185 p.

SILVA, J. N. M. et al. Equações de volume para a Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 8/9, p. 50-63, 1984.

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

SILVA, J. A. A. et al. Equação volumétrica para *Eucalyptus* spp., na região de Barbalha, Ceará, usando o volume da primeira tora como variável independente. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 1, p. 30-37, 1993.

SILVA, J. A. A.; BORDERS, B. E. A tree volume equation based on two lower stem diameters for loblolly pine in the Southeastern United States. **Southern Journal of Applied Forestry**, USA, v. 3, p. 160-162, 1993.

SILVA, P. S., SOLANGE, E., PAREYN, F. **Consumo de energéticos florestais do setor domiciliar no Estado de Pernambuco**. Recife: PNUD/FAO/IBAMA/GOVERNO DE PERNAMBUCO, 1998a. 48 p. (Documento de Campo FAO, 14).

SILVA, P. S., SOLANGE, E., PAREYN, F. **Consumo de energéticos florestais do setor industrial/comercial no Estado de Pernambuco**. Recife: PNUD/FAO/IBAMA/GOVERNO DE PERNAMBUCO, 1998b. 80 p. (Documento de Campo FAO, 15).

SILVA, J. A. A. et al. Modelagem do volume da casca de *Pinus elliottii* no Litoral norte do Estado de Santa Catarina. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 5, p. 111-117, 1998c.

SILVA, J. P. F.; SOARES, D. G.; PAREYN, F. G. C. Manejo Florestal da Caatinga: uma alternativa de desenvolvimento sustentável em projetos de assentamento rurais do semi-árido em Pernambuco. In: Ministério do Meio Ambiente. **Estatística Florestal da Caatinga**. 1 ed. Natal: APNE, 2008a, v. 1, p. 6-17.

SILVA, A. M. N. et al. A biomassa florestal (lenha) como insumo energético para os artesãos da cidade de Tracunhaém/PE. **Custos e @gronegocio**, Recife, v. 4, n. 3, p. 126-137, 2008b.

SILVA, G. C.; SAMPAIO, E. V. S. B. Biomassas de partes aéreas em plantas da caatinga. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p. 567-575, 2008.

SILVA, J. A. **Fitossociologia e relações alométricas em Caatinga nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte**. 2006. 80 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2006.

SILVA, S.M.F.S. **Comparação entre equações volumétricas regionais e equações baseadas em volumes da primeira tora em clones de Eucalyptus na Chapada do Araripe-PE**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

SILVA, S. O. **Estudo de duas áreas de vegetação da caatinga com diferentes históricos de uso no Agreste Pernambucano**. 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SILVA, C. M.; NASCIMENTO, H. R.; ABREU, Y. V. Panorama da biomassa florestal primária no Brasil. In: ABREU, Y. V.; OLIVEIRA, M. A. G.; GUERRA, S. M. G. (Org.). **Energia, Sociedade e Meio Ambiente**. Palmas: EUMED.NET, 2010. cap. 4.

SILVA JÚNIOR, M. C. Fitossociologia e estrutura diamétrica da Mata de Galeria da Taquara, na Reserva Ecológica do IBGE, DF. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, p. 419-428, 2004.

SILVEIRA, P. et al. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 1, 2008.

SIQUEIRA, J. D. P. Tabelas de volume para povoamentos nativos de *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE., no Sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 8, n.1, p.7-12, 1977.

SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. **Nature**, v. 163, p. 688-688, 1949.

SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G.; GORGENS, E. B. Equações para estimar o estoque de carbono no fuste de árvores individuais e em plantios comerciais de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, vol. 29, n. 5., p. 711-718, 2005.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. VIÇOSA-MG: Editora UFV, 2006. 276 p.

SOARES, C. P. B.; SILVA, G. F.; MARTINS, F. B. Influence of section lengths on volume determination in *Eucalyptus* trees. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 3, p. 155-162, 2010.

SOUZA, U. R. et al. Determinantes dos novos contratos de fomento florestal na mesorregião do Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 33, n. 2, p.377-386, 2009.

SOUZA, C. A. M. et al. Avaliação de modelos de afilamento segmentados na estimação da altura e volume comercial de fustes de *Eucalyptus* sp.. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p. 453-463, 2008.

SOUZA, A. L.; SOUZA, D. R. Análise multivariada para estratificação volumétrica de uma floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.1, p. 49-54, 2006.

SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L. Emprego do método BDq de seleção após a exploração florestal em floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 4, p. 617-625, 2005.

SOUZA, D. R. et al. Emprego de análise multivariada para estratificação vertical de florestas inequidâneas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 1, p. 59-63, 2003.

SOUZA, A.L.; FERREIRA, R.L.C.; XAVIER, A. **Análise de agrupamento aplicada à área florestal**. Viçosa, MG: SIF, 1997. 109 p.(Documento SIF, 16).

SOUZA, A.L., LEITE, H.G. **Regulação da produção em florestas inequidâneas**. Viçosa-MG: UFV, 1993. 147p.

SOUZA, A.L.; JESUS, R.M. Equações de volume comercial e fator de forma para espécies de Mata Atlântica ocorrentes na reserva florestal da Companhia Vale do Rio Doce, Linhares, ES. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.15, n.3, p.257-273, 1991.

SOUZA, A.L. et al. Análises multivariadas para manejo de floresta natural na Reserva Florestal de Linhares, Espírito Santo: Análises de agrupamento e discriminante. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 14, n. 2, p. 85-101, 1990.

SPURR, S. H. **Forest inventory**. New York: Ronald Press. 1952. 476 p.

STAISS, C., PEREIRA, H. **Biomassa: energia renovável na agricultura e no sector florestal**. Lisboa: Agros, 2001. Disponível em: <<http://aewww.isa.utl.pt/agros/pdf/biomassa.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2002

STATSOFT. **STATISTICA** (data analysis software system), version 6. StatSoft, Inc., 2001.

STERBA, H. Equilibrium curves and growth models to deal with forests in transition to uneven-aged structure – application in two sample stands. **Silva Fennica**, n. 38, v. 4, p. 413-423, 2004.

TELES, M. M. F. **Cobertura vegetal do município de São João do Cariri-PB: distribuição espacial da caatinga: uso de lenha como fonte de energia.** 2005. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.

THOMAS, C. et al. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 319-327, 2006.

THOMPSON, R. M. **Estimativas de Volume, Biomassa e Carbono para o Carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *subvelutinum* Benth.).** 2009. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

TOLMASQUIM, M. T. (org.) **Fontes renováveis de energia no Brasil.** Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 516 p.

TOLMASQUIM, M.T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos Estudos**, n.79, p. 47-69, 2007.

TONINI, H. et al. Utilização do conceito de floresta balanceada e taxa de corte sustentada para o manejo de florestas mistas inequiâneas. In: I simpósio latino-americano sobre manejo florestal, 2000, Santa Maria. I simpósio latino-americano sobre manejo florestal. Santa Maria, **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2000. v. 1. p. 273-293.

UHLIG, A.; GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T. O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Energia**, v. 14, n. 2, p. 67-85, 2008.

URBANO, E. et al. Modelagem da biomassa aérea em bracatingais nativos da Região Metropolitana de Curitiba. **Floresta**, Curitiba, v. 38 n.2, p. 361-372, 2008.

VASCONCELLOS, G. F. B. **Biomassa: A eterna energia do futuro.** São Paulo: SENAC, 2002.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123p.

WATZLAWICK, L. F. et al. Vias de Valorização Energética da Biomassa. **Biomassa & Energia**, Viçosa - MG, v. 1, n. 1, p. 71-92, 2004.

ZÁKIA, M. J. B.; PAREYN, F. G.; RIEGELHAUPT, E. Equações de peso e de volume para oito espécies lenhosa nativas do Seridó, RN. In: IBAMA. **Plano de manejo florestal para a região do Seridó do Rio Grande do Norte**. Natal: PNUD / FAO / IBAMA – Governo do Rio Grande do Norte, 1992. p. 1-92. cap. 4.

## 7. APÊNDICES

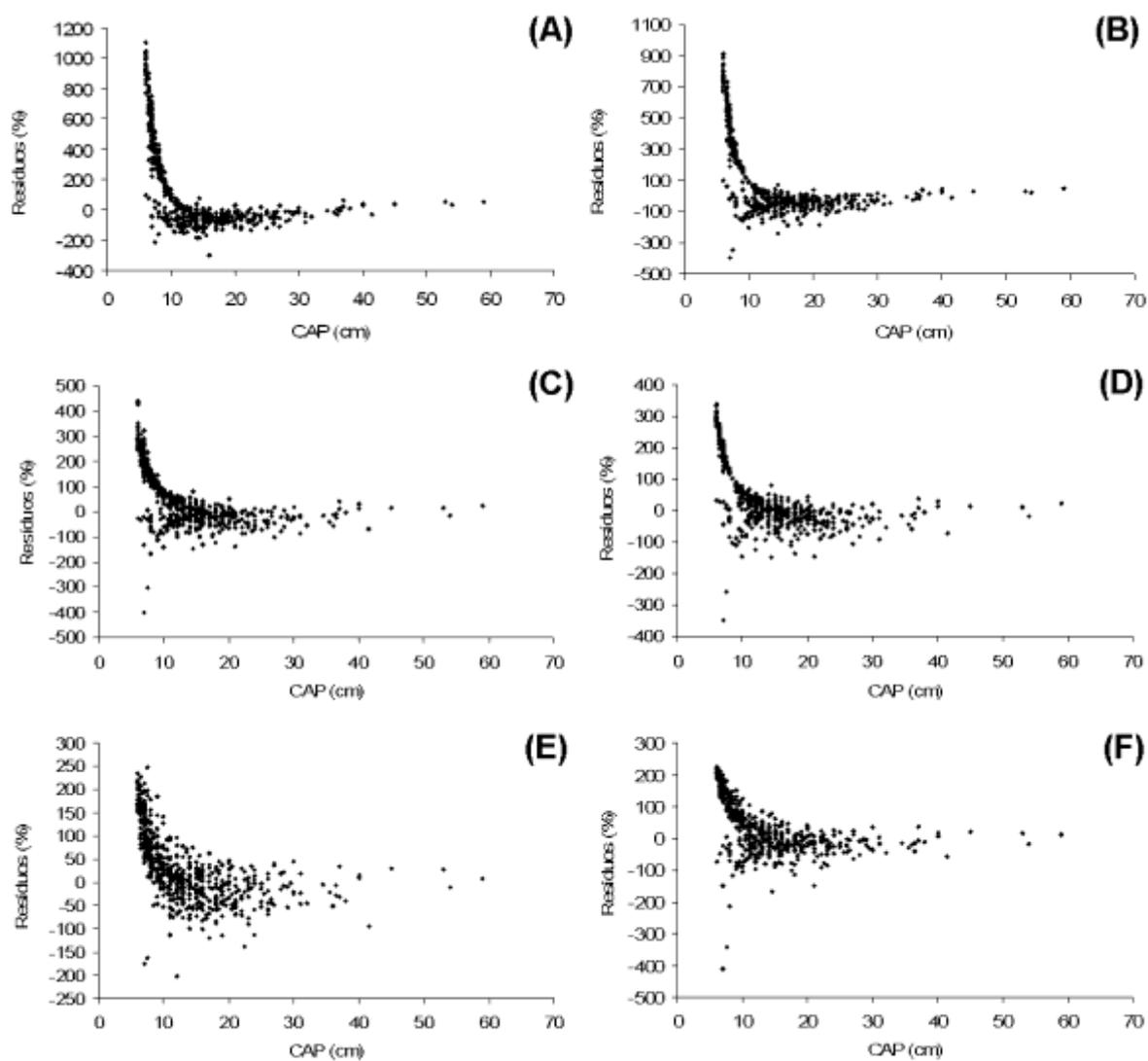


Figura 25: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar volume de árvores em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 2; C = equação 4; D = equação 6; E = equação 10; F = equação 12.

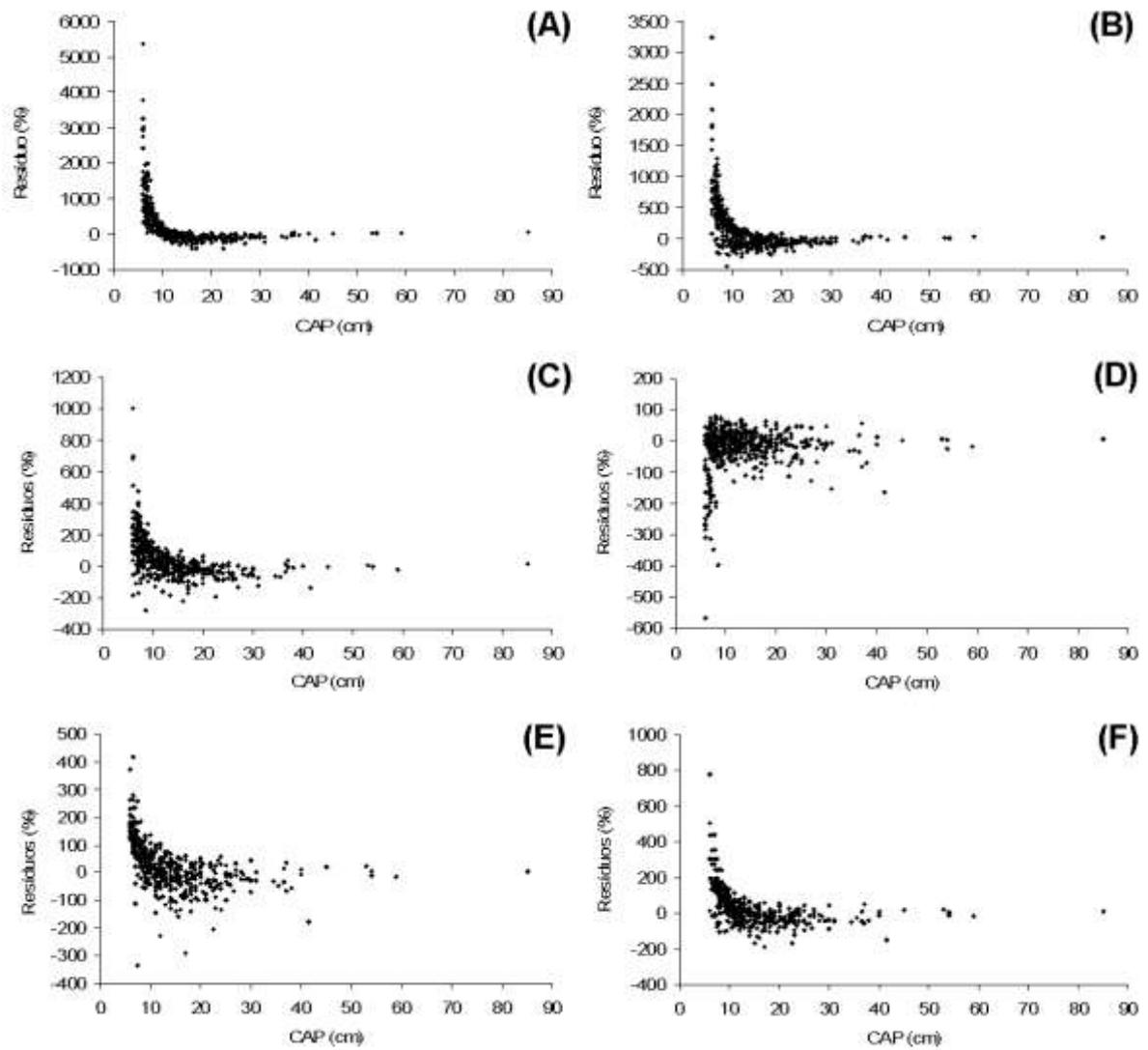


Figura 26: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar biomassa verde de árvores em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 2; C = equação 3; D = equação 7; E = equação 11; F = equação 12.

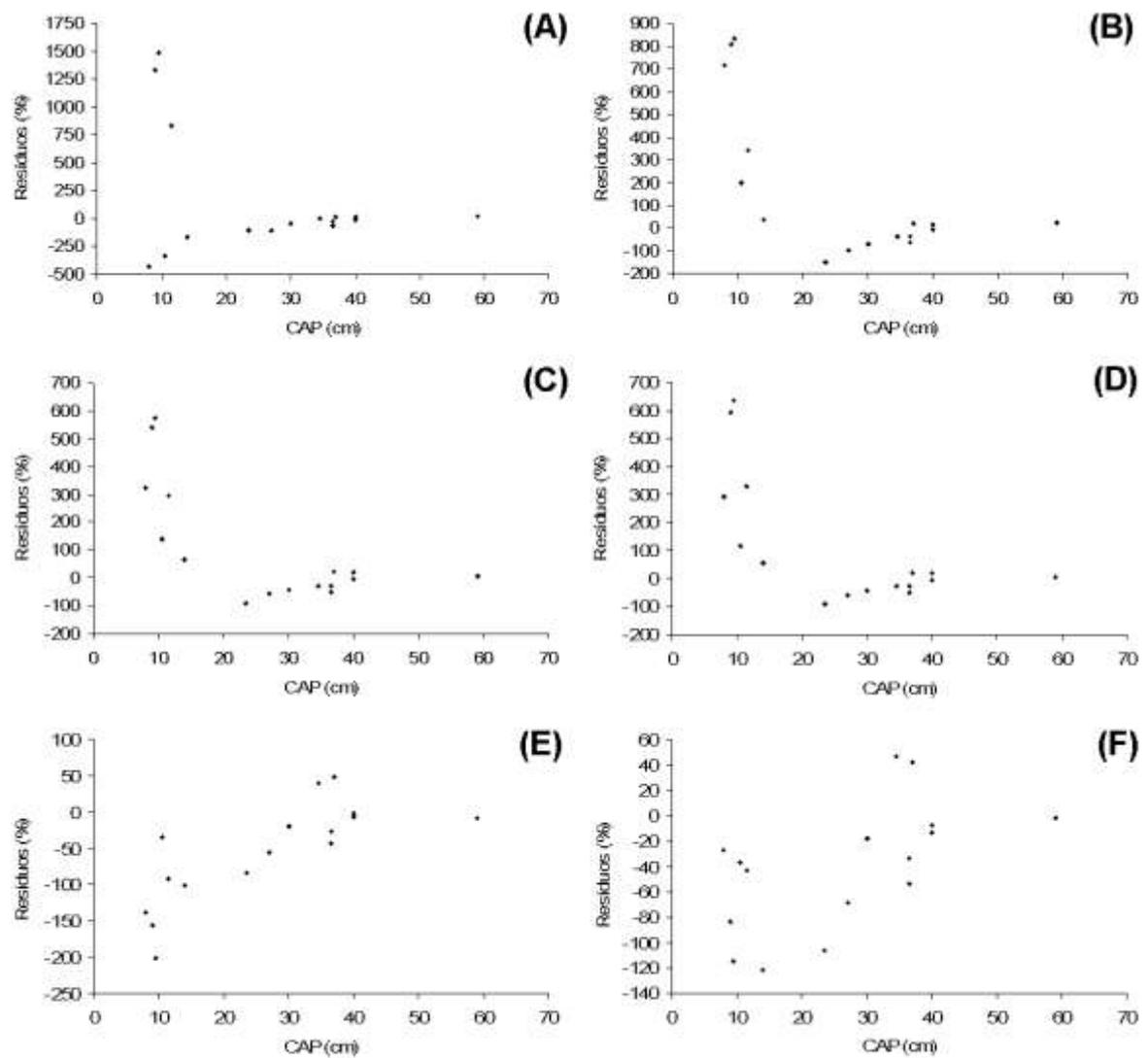


Figura 27: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar volume de árvores do grupo A em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 2; C = equação 4; D = equação 6; E = equação 7; F = equação 8.

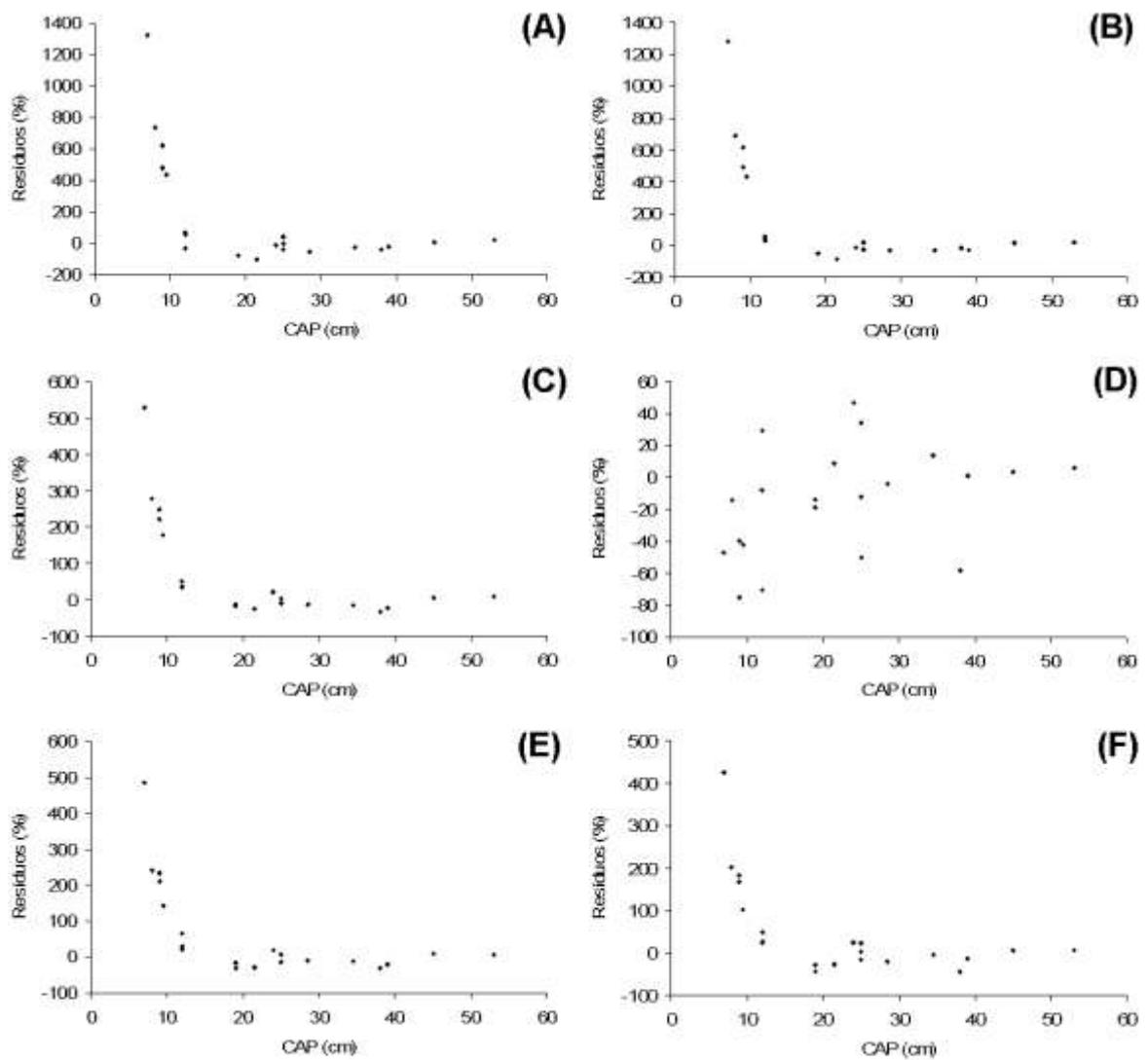


Figura 28: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar volume de árvores do grupo B em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 2; C = equação 6; D = equação 7; E = equação 11; F = equação 12.

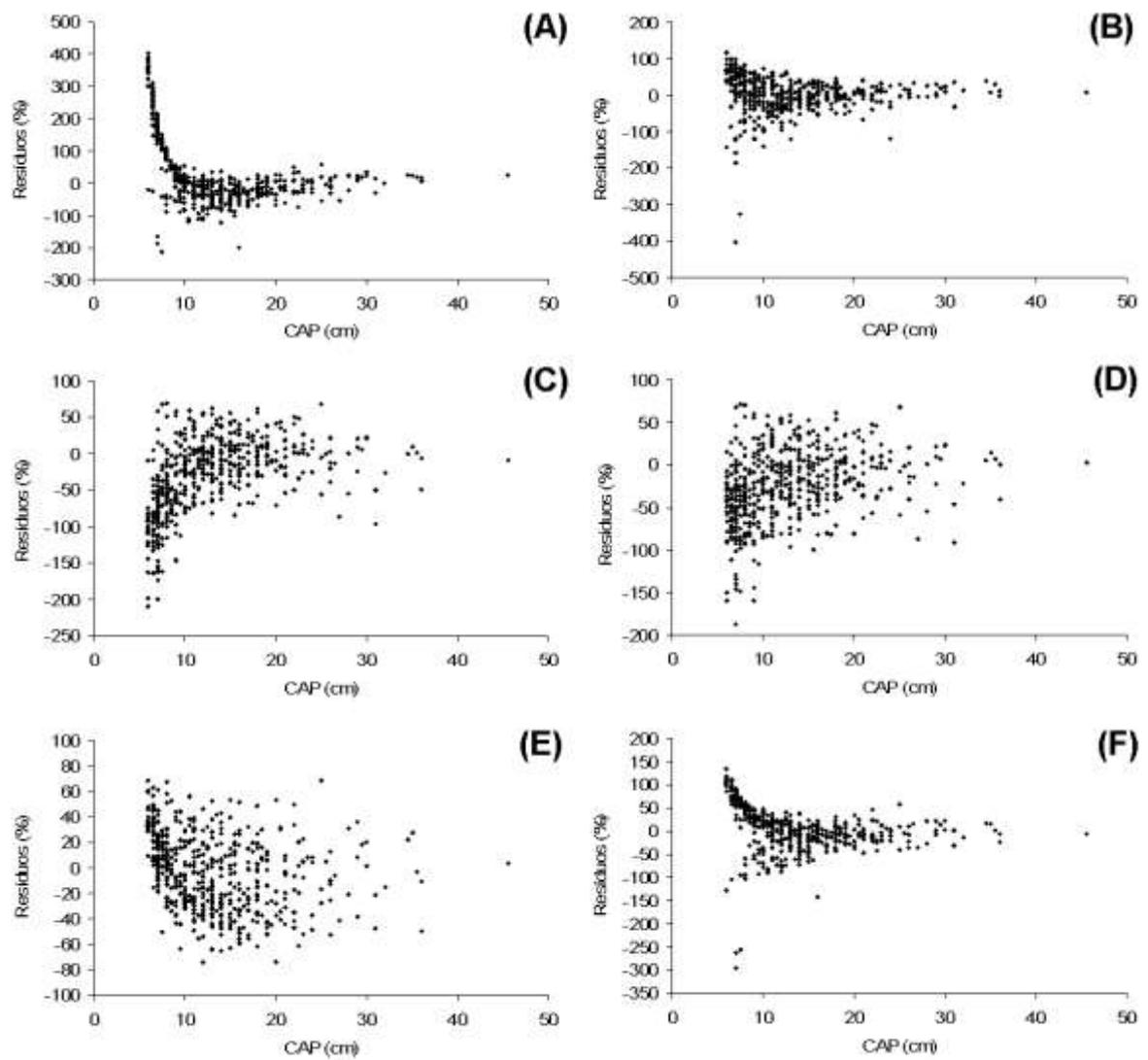


Figura 29: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar volume de árvores do grupo C em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 6; C = equação 7; D = equação 8; E = equação 10; F = equação 12.

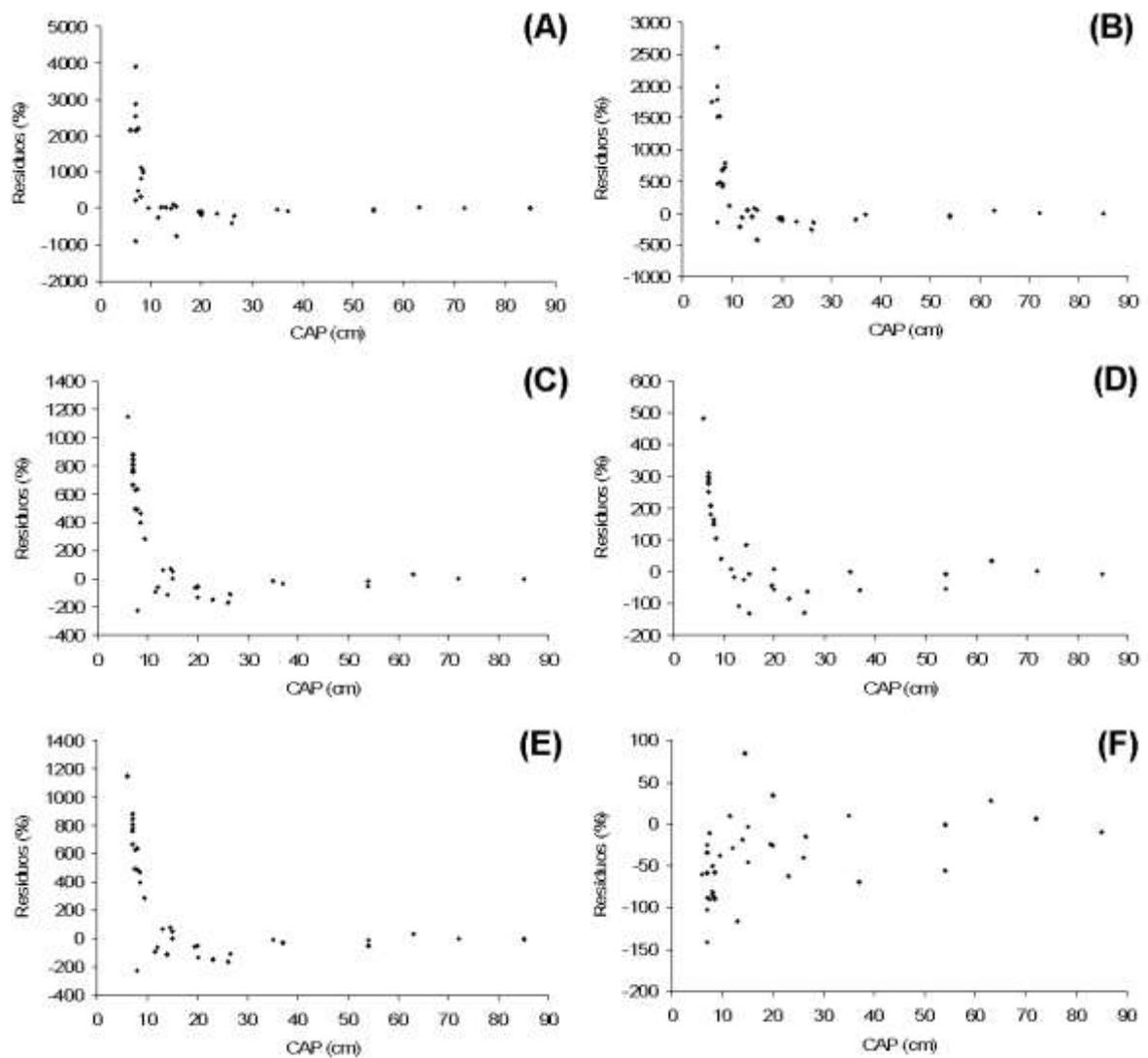


Figura 30: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar volume de árvores do grupo M em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 2; C = equação 3; D = equação 4; E = equação 6; F = equação 7.

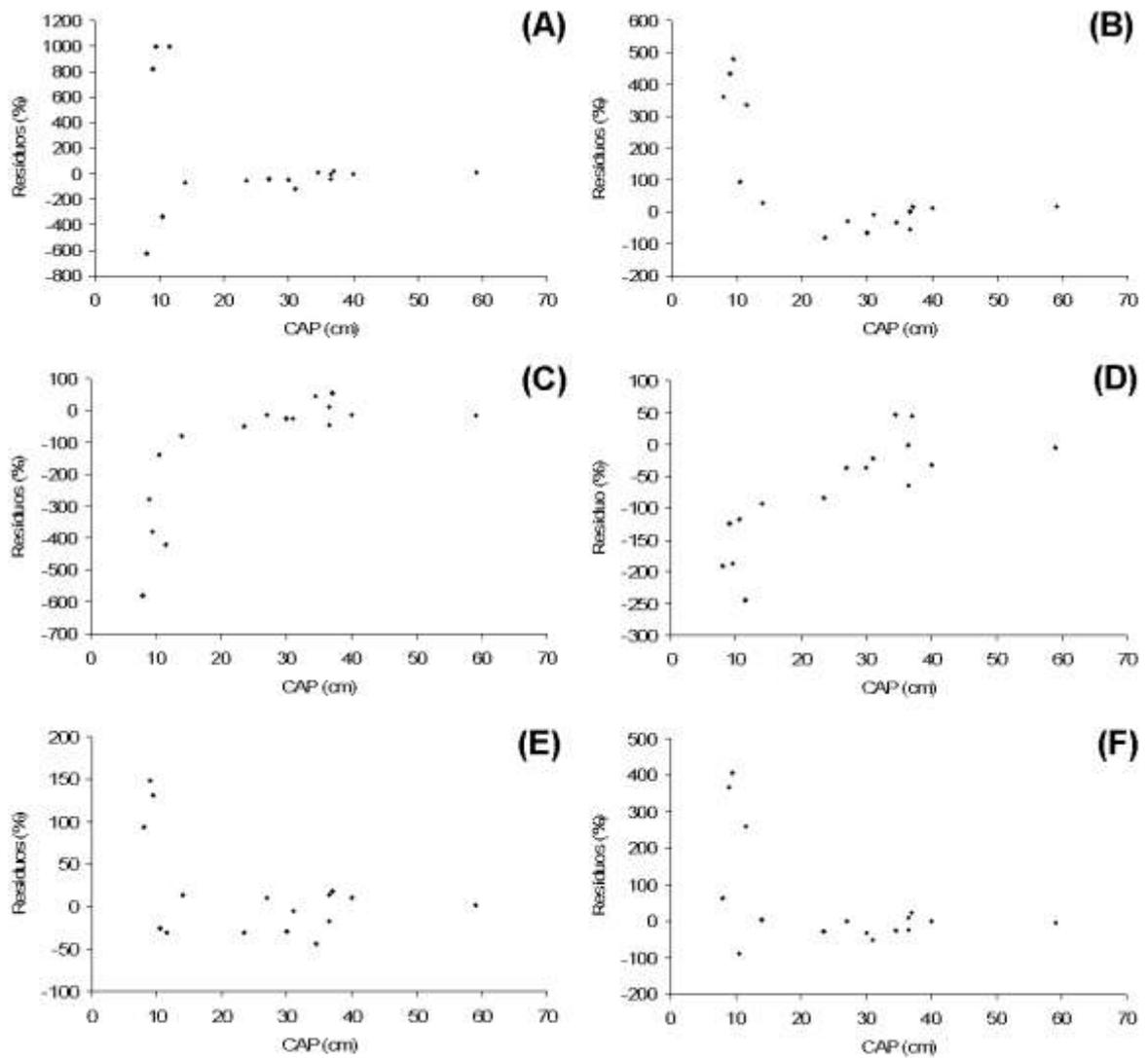


Figura 31: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar biomassa verde de árvores do grupo A em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 2; C = equação 7; D = equação 8; E = equação 11; F = equação 12.

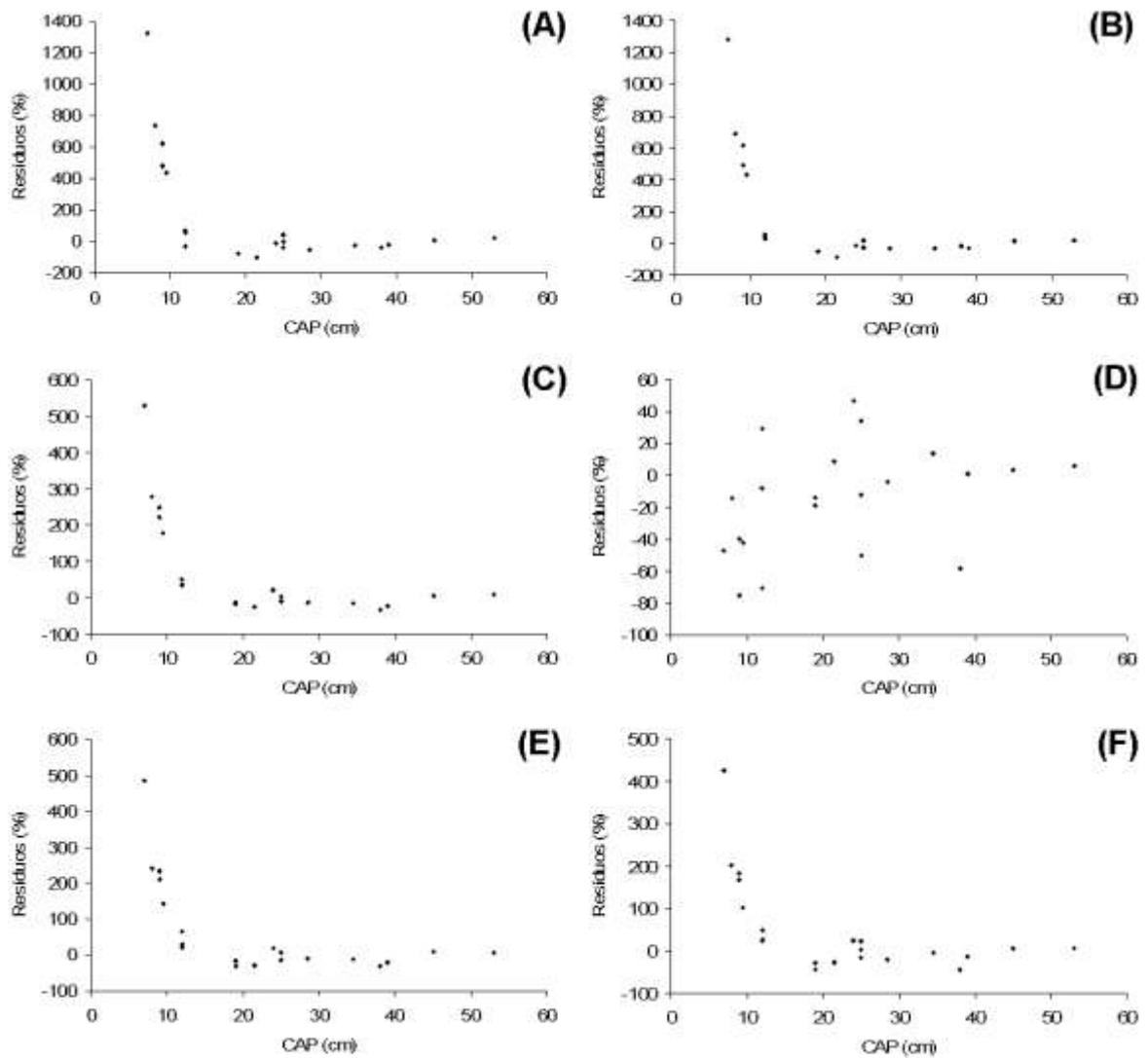


Figura 32: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar biomassa verde de árvores do grupo B em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 2; C = equação 6; D = equação 7; E = equação 11; F = equação 12.

(12)

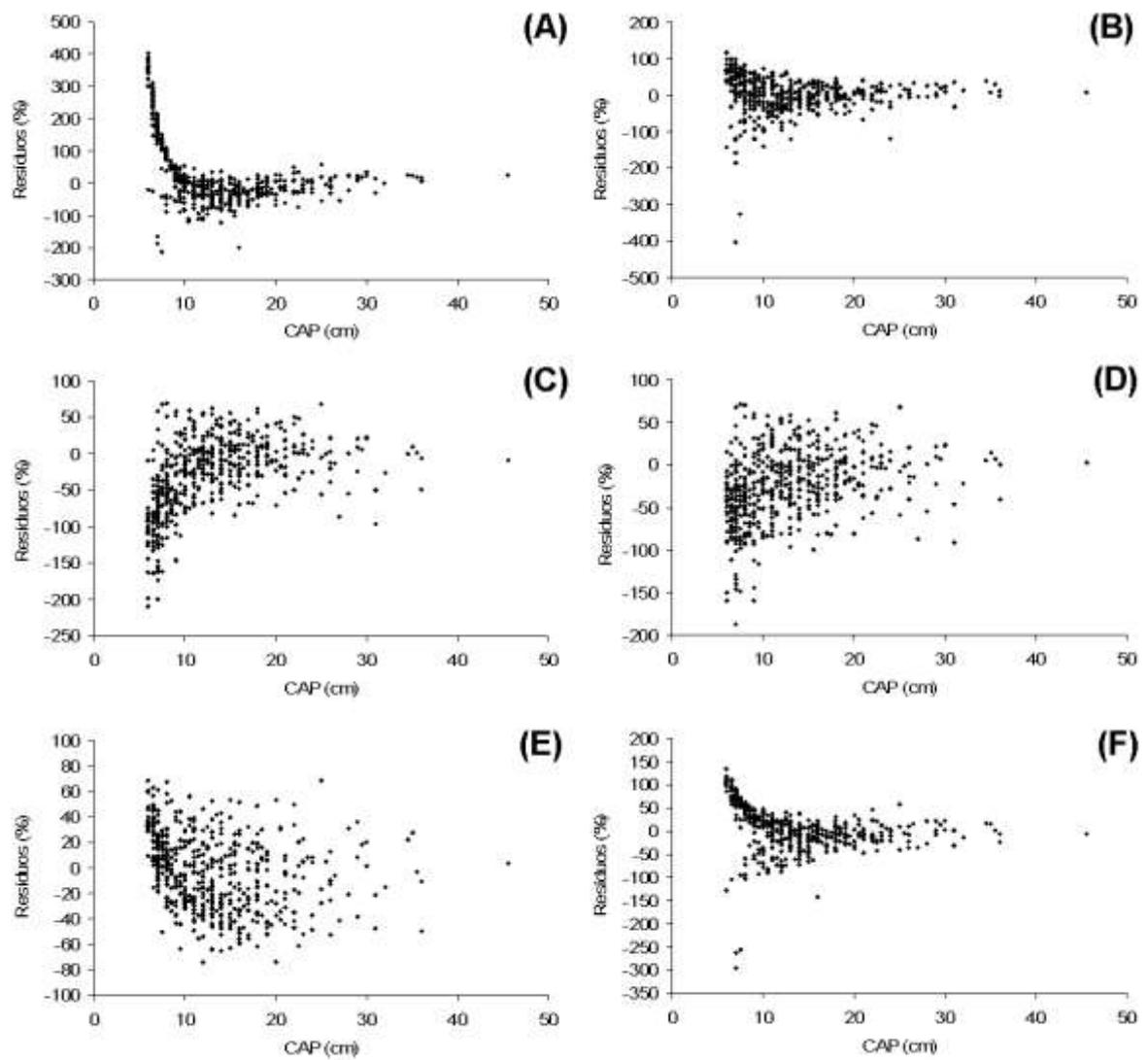


Figura 33: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar biomassa verde de árvores do grupo C em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 3; C = equação 7; D = equação 8; E = equação 10; F = equação 12.

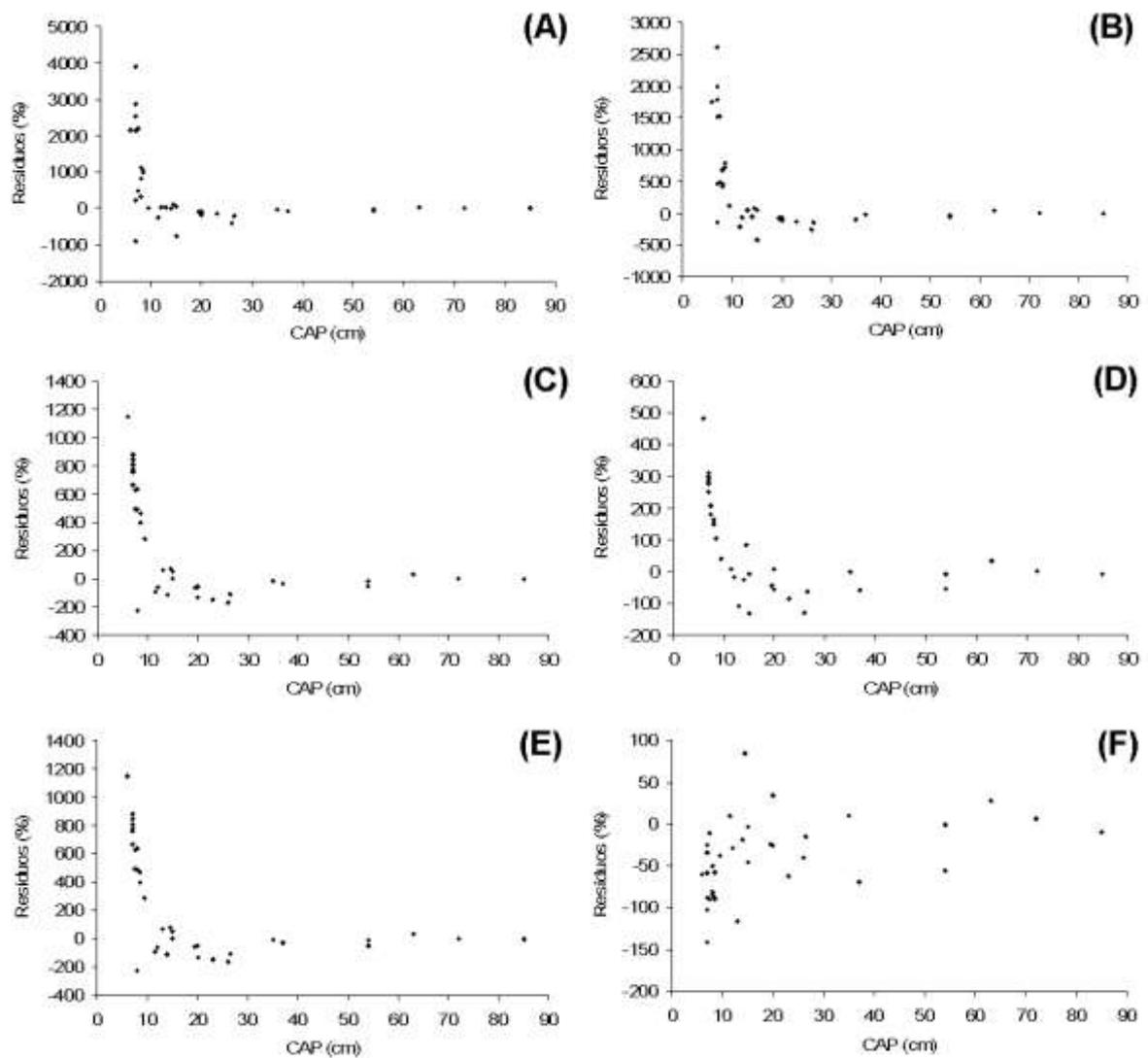


Figura 34: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados para estimar biomassa verde de árvores do grupo M em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 1; B = equação 2; C = equação 4; D = equação 6; E = equação 11; F = equação 12.