

WEDSON BATISTA DOS SANTOS

VEGETAÇÃO LENHOSA EM ALTITUDES NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO:
ESTRUTURA, POTENCIAL ENERGÉTICO E FATORES AMBIENTAIS

RECIFE
Pernambuco - Brasil
Fevereiro – 2019

WEDSON BATISTA DOS SANTOS

VEGETAÇÃO LENHOSA EM ALTITUDES NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO:
ESTRUTURA, POTENCIAL ENERGÉTICO E FATORES AMBIENTAIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação
em Ciências Florestais da Universidade Federal
Rural de Pernambuco, para a obtenção do título de
Doutor em Ciências Florestais.

Orientador:

Prof. Dr. Luiz Carlos Marangon - DCFL/UFRPE

Co-orientadores:

Prof. Dr. Fernando José Freire - DEPA/UFRPE

Prof. Dr. Rafael Leite Braz - DCFL/UFRPE

RECIFE
Pernambuco - Brasil
Fevereiro - 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S237v Santos, Wedson Batista dos
Vegetação lenhosa em altitudes no semiárido pernambucano:
estrutura, potencial energético e fatores ambientais / Wedson
Batista dos Santos . – 2019.
182 f. : il.

Orientador: Luiz Carlos Marangon.
Coorientadores; Fernando José Freire, Rafael Leite Braz .
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais,
Recife, BR-PE, 2019.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Energia da biomassa 2. Combustíveis 3. Desmatamento
3. Florestas - Conservação I. Marangon, Luiz Carlos, orient.
II. Freire, Fernando José, coorient. III. Braz, Rafael Leite, coorient.
IV. Título

CDD 634.9

WEDSON BATISTA DOS SANTOS

VEGETAÇÃO LENHOSA EM ALTITUDES NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO:
ESTRUTURA, POTENCIAL ENERGÉTICO E FATORES AMBIENTAIS

Aprovado em: 21/02/2019

Banca examinadora:

Prof. Dr. Luiz Carlos Marangon
(Orientador - Departamento de Ciência Florestal - UFRPE)

Profª. Dra. Ana Lícia Patriota Feliciano
(Departamento de Ciência Florestal - UFRPE)

Profª. Dra. Elba Maria Nogueira Ferraz Ramos
(Instituto Federal de Pernambuco - IFPE)

Prof. Dr. Marcelo Nogueira
(Departamento de Ciência Florestal - UFRPE)

Prof. Dr. Ricardo Gallo
(Departamento de Ciência Florestal - UFRPE)

RECIFE
Pernambuco - Brasil
Fevereiro - 2019

A minha esposa, pais e irmãos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço publicamente a todos que de alguma forma contribuíram a avançar mais uma etapa de minha vida.

A Deus, por ter me concedido saúde, sabedoria e perseverança em toda minha trajetória, me mantendo sempre com foco e determinação.

Aos meus pais, Daniel Batista dos Santos e Maria Bernadete Santana dos Santos, e irmãos, Wellby Batista dos Santos, Welldy Batista dos Santos, Wellington Batista dos Santos e Samuel Bezerra da Silva Ferreira, pelo apoio e incentivo em todos os momentos.

A minha esposa, amiga e companheira Andresa Simões dos Santos, que nunca me deixou faltar amor, apoio, incentivo, dedicação e compreensão.

Ao meu pequenino sobrinho, William Gabriel, que chegou para dar ânimo e estímulo na reta final dessa jornada.

Ao meu grande amigo, Dr. José Edson de Lima Torres, pelo companheirismo e apoio oferecido durante toda minha trajetória de pós-graduação.

A Joselane Priscila Gomes da Silva, pela amizade e toda ajuda durante todo o processo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelo apoio e por ter me concedido a oportunidade de mais uma conquista.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa.

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE pelo financiamento ao projeto “ Energia de biomassa em Pernambuco: impactos ambientais e alternativas sustentáveis (ProMassa) ”, que me propiciou a oportunidade de desenvolvimento da Tese.

Ao meu comitê de orientação, Prof. Dr. Luiz Carlos Marangon, Prof. Dr. Fernando José Freire e Prof. Dr. Rafael Leite Braz, por todo apoio e amizade oferecida.

A todos integrantes do ProMassa, em especial a equipe Chapadão, Clarissa Soares Freire, Jéssica Stéfane Alves Cunha, José Nailson Barros Santos e José Edson de Lima Torres, por toda ajuda e momentos compartilhados.

A todos integrantes do laboratório de Combustíveis e Energia da Universidade de Pernambuco, em especial ao Prof. Dr. Sérgio Peres, Dr.^a Ana Rita Fraga Drummond,

Adalberto Freire do Nascimento Júnior, Clériston Moura Vieira Júnior e Shirlene Tamires oliveira dos santos.

Aos responsáveis pelo Laboratório de Análise de Solos da Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina, Laboratório de Química do Solo e Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Ao Herbário Sérgio Tavares da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em especial a Ângela Maria de Miranda Freitas e Horivani Conceição, por todo apoio e dedicação concedida.

A Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA, em Araripina, em especial a José Alves Tavares, pelo alojamento e apoio concedido.

A todos os proprietários das áreas de estudo, pela disponibilidade, apoio e confiança que sempre demonstraram.

A todos os amigos, que de alguma forma participaram dessa importante conquista.

A todos manifesto a minha mais sincera gratidão.

SANTOS, WEDSON BATISTA, Vegetação lenhosa em altitudes no semiárido pernambucano: estrutura, potencial energético e fatores ambientais. 2019. Orientador: Luiz Carlos Marangon. Co-orientadores: Fernando José Freire e Rafael Leite Braz.

RESUMO

A região do Araripe tem sofrido um dos maiores impactos ambientais dos últimos anos, principalmente por abrigar o maior polo gesseiro do Brasil, que utiliza a biomassa florestal como principal fonte de energia para conversão da gipsita. A elevada demanda por essa bioenergia tem resultado em elevada pressão antrópica sobre a vegetação nativa, que tem sido devastada, ocasionando em muitas áreas degradadas, desertificadas e/ou em processo de desertificação. O problema se agrava por essa região ser composta por áreas serranas com variados efeitos orográficos, responsáveis pela formação de diferentes micro-habitats com elevada diversidade biológica. O objetivo do trabalho foi avaliar diversidade florística e estrutural de comunidades e caracterizar populações de espécies lenhosas nativas com maiores valores de densidade absoluta (DA) em diferentes níveis de altitude na região do Araripe em Pernambuco. Para coleta de dados a região foi estratificada em três níveis de altitudes: baixada (≤ 600 m), encosta ($600 > e < 750$ m) e chapada (≥ 750 m). Foram inventariados nove fragmentos, sendo três por ambiente. Em cada fragmento foram distribuídas 20 unidades amostrais com 250 m² cada, totalizando uma área amostral de 4,5 ha. Nas parcelas foram mensuradas as circunferências a altura do peito dos indivíduos com nível de inclusão maior ou igual a 10 cm (CAP 1,30 m ≥ 10 cm), estimadas as alturas dos indivíduos, coletadas informações ambientais, amostras de solo e de madeiras de espécies lenhosas com maiores DA. Foram analisadas variações dos parâmetros fitossociológicos, composição florística, síndromes de dispersão, padrões de distribuição espacial e correlacionados com variáveis geográficas e ambientais. Foram determinados teores de umidade, densidade básica, poder calorífico superior e inferior, e estimados, poder calorífico útil, densidade energética e estoque de energia das madeiras com maiores DA. Foram amostrados 6.987 indivíduos, 10.346 fustes, distribuídos em 35 famílias botânica, 82 gêneros e 153 espécies. A região, nos diferentes níveis de altitude, apresentou uma diversificada composição florístico-estrutural. Em altitudes superiores a 750 m, foi constatado maior riqueza de espécies, com 85. Em altitudes de até 600 m, estão os indivíduos lenhosos com maiores portes (alturas e diâmetros). De maneira geral, a baixada e chapada apresentaram composição florístico-estrutural com características próprias, com poucas semelhanças, já a encosta funciona como ecótono ecológico desses dois estratos de altitudes. As variações da vegetação entre estratos de altitude, teve como principais influenciadores as propriedades do solo e disponibilidade hídrica. A queima de madeira recém cortada, como geralmente é praticada na região, causa um elevado desperdício de energia nos fornos. A simples prática de secagem da madeira ao ar livre pode aumentar a eficiência energética e consequentemente reduzir a quantidade de madeiras a serem desbastadas. Todas as espécies lenhosas analisadas apresentam madeiras com elevado potencial para uso energético, desde que sejam utilizadas parcialmente secas. Esse trabalho contribui com importantes informações que podem ser utilizadas na tomada de decisões para criação de políticas públicas que visem a conservação e uso sustentável dos recursos florestais da região do Araripe, Pernambuco.

Palavras-chave: Floresta seca. Semiárido. Desmatamento.

SANTOS, WEDSON BATISTA, Woody vegetation at altitudes in the semi-arid region of Pernambuco: structure, energy potential and environmental factors. 2019. Advisor: Luiz Carlos Marangon. Committe: Fernando José Freire e Rafael Leite Braz.

ABSTRACT

The Araripe region has suffered one of the greatest environmental impacts of recent years, mainly because it is home to Brazil's plaster center, which uses forest biomass as the main energy source for gypsum conversion. The high demand for this bioenergy has resulted in high anthropogenic pressure on native vegetation, which has been devastated, causing in many areas degraded, desertified and/or in the process of desertification. The problem is aggravated by this region being composed of mountainous areas with varied orographic effects, responsible for the formation of different microhabitats with high biological diversity. The objective of this study was to evaluate floristic and structural diversity of communities and to characterize populations of native woody species with higher values of absolute density (AD) at different altitude levels in the Araripe region of Pernambuco. For data collection the region was stratified into three levels of altitudes: lower (≤ 600 m), middle ($600 < \text{and} < 750$ m) and higher (> 750 m). Nine fragments were inventoried, three of them per environment. In each fragment, 20 sample units with 250 m^2 each were distributed, totaling a sample area of 4.5 ha. In the plots the circumferences were measured at the height of the breast of the individuals with inclusion level greater than or equal to 10 cm ($\text{CAP } 1.30 \text{ m} \geq 10 \text{ cm}$), estimated the heights of the individuals, collected environmental information, soil and wood samples woody species with higher AD in the region. Variations of phytosociological parameters, floristic composition, dispersion syndromes, spatial distribution patterns and correlated with geographic and environmental variables were analyzed. The values of moisture, basic density, upper and lower calorific value, estimated, useful calorific value, energy density and wood energy storage with higher DA of the environments were determined. We sampled 6,987 individuals, 10,346 stems, distributed in 35 botanical families, 82 genera and 153 species. The region, at different levels of altitude, presented a diverse floristic-structural composition. At altitudes higher than 750 m, greater species richness was found, with 85. At altitudes of up to 600 m, there are the woody individuals with larger sizes (heights and diameters). In general, the lowland and plateau presented floristic-structural composition with their own characteristics, with few similarities, since the hillside functioning as an ecological ecotone of these two altitudinal strata. The variations of vegetation among altitude strata had as main influencers soil properties and water availability. The burning of freshly cut wood, as is generally practiced in the region, causes a high waste of energy in the ovens. The simple practice of drying the wood in the open air can increase energy efficiency and consequently reduce the amount of wood to be thinned. All the woody species analyzed present woods with high potential for energetic use, as long as they are used partially dry. This work contributes with important information that can be used in the decision making process for the creation of public policies aimed at the conservation and sustainable use of forest resources in the Araripe, Pernambuco region.

Keywords: Dry forest. Semiarid. Deforestation.

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1. Localização das áreas de estudo na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.	41
Figura 2. Croqui demonstrativo da estratificação de altitudes para amostragem	42
Figura 3. Croqui demonstrativo da distribuição das unidades amostrais por fragmento.....	44
Figura 4. Dendrograma de agrupamento pelo método de grupo (UPGMA), com base no coeficiente de Jacard e na variável família botânica.....	56
Figura 5. Famílias botânicas com maiores densidades de indivíduos no ambiente baixada (altitudes $\leq 600\text{m}$) da região do Araripe, Pernambuco, Brasil.	57
Figura 6. Famílias botânicas com maiores densidades de indivíduos no ambiente encosta ($600 < \text{altitude} < 750 \text{ m}$) da região do Araripe, Pernambuco, Brasil.....	58
Figura 7. Famílias botânicas com maiores densidades de indivíduos no ambiente chapada (altitudes $\geq 750\text{m}$) da região do Araripe, Pernambuco, Brasil.	59
Figura 8. Dendrograma de agrupamento pelo método de grupo (UPGMA), com base no coeficiente de Morisita-Horn (CH) e na variável família botânica.	59
Figura 9. Curva de rarefação, com intervalo de confiança de 95% de probabilidade, do número de espécies ocorrentes nos ambientes baixada, encosta e chapada	61
Figura 10. Curva de rarefação, com intervalo de confiança de 95% de probabilidade, do número espécies ocorrentes em nove fragmentos florestais	62
Figura 11. Dendrograma de agrupamento pelo método de grupo (UPGMA), com base no coeficiente de Sorenson e na variável espécie	65
Figura 12. Espécies comuns e exclusivas em três níveis de altitudes na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.	67
Figura 13. Dendrograma de agrupamento pelo método de grupo (UPGMA), com base no coeficiente de Morisita-Horn (CH) e na variável espécie	68
Figura 14. Síndrome de dispersão de espécies e indivíduos lenhosos em altitudes	69
Figura 15. Síndromes de dispersão de espécies e indivíduos arbustivos-arbóreos nativos de três fragmentos florestais com altitudes de até 600 m.....	71
Figura 16. Síndromes de dispersão de espécies e indivíduos nativos de três fragmentos florestais com altitudes de 600 a 750 m.....	72
Figura 17. Síndromes de dispersão de espécies e indivíduos nativos de três fragmentos florestais com altitudes iguais ou superiores a 750 m.....	74
Figura 18. Intervalo de confiança com 95% de probabilidade, do número de indivíduos nativos por hectare, de nove fragmentos florestais na região do Araripe.	77
Figura 19. Intervalo de confiança com 95% de probabilidade, do número de fustes de indivíduos nativos por hectare, de nove fragmentos florestais.....	78
Figura 20. Intervalo de confiança com 95% de probabilidade, das médias de diâmetros de indivíduos nativos, de nove fragmentos florestais na região do Araripe.	79
Figura 21. Distribuição diamétrica de fustes de indivíduos lenhosos nativos por hectare, de nove fragmentos florestais na região do Araripe	81
Figura 22. Intervalo de confiança com 95% de probabilidade, das médias de alturas de indivíduos nativos, de nove fragmentos florestais na região do Araripe.	82
Figura 23. Padrões de distribuição vertical de indivíduos lenhosos nativos, de nove fragmentos florestais na região do Araripe.....	84
Figura 24. Padrões de distribuição vertical de indivíduos de espécies lenhosas nativas, de nove fragmentos florestais na região do Araripe.	85
Figura 25. Densidade relativa (DR), Dominância relativa (DoR) e Frequência absoluta (FA) de espécies nativas em nove fragmentos florestais na região do Araripe.....	89

Figura 26. Padrões de distribuição espacial de espécies lenhosas nativas, de nove fragmentos florestais na região do Araripe, PE, Brasil.	94
Figura 27. Intervalo de confiança com 95% de probabilidade: A. do número de indivíduos; e B. número de fustes de indivíduos nativos por hectare.....	96
Figura 28. Espécies lenhosas nativas com maiores densidades relativa (DR), em três fragmentos florestais do ambiente baixada na região do Araripe, PE.	97
Figura 29. Espécies lenhosas nativas com maiores densidades relativa (DR), em três fragmentos florestais do ambiente encosta, na região do Araripe, PE.....	98
Figura 30. Espécies lenhosas nativas com maiores densidades relativa (DR), em três fragmentos florestais do ambiente chapada, na região do Araripe, PE.....	98
Figura 31. Intervalo de confiança com 95% de probabilidade: A. das médias de diâmetros; e B. médias de alturas de indivíduos em altitudes na região do Araripe.....	99

CAPÍTULO II

Figura 1. Correlação de Pearson das variáveis ambientais e geográficas com características de comunidades lenhosas com diferentes altitudes	117
Figura 2. Correlação entre as variáveis ambientais e eixos de ordenação em comunidades lenhosas com diferentes altitudes	121
Figura 3. Distribuição de espécies lenhosas nos eixos de ordenação 1 e 2 da CCA, a partir das matrizes de abundância das espécies com maiores densidades absoluta (DA) e variáveis ambientais de fragmentos florestais em diferentes altitudes	122

CAPÍTULO III

Figura 1. Poder calorífico de espécies lenhosas nativas, com maiores densidades e dominâncias absolutas, em diferentes altitudes na região do Araripe.	138
---	-----

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

- Tabela 1. Revisão de literatura de levantamentos florísticos e fitossociológicos realizados com vegetações das Caatingas no Brasil..... 19
- Tabela 2. Revisão de literatura de levantamentos florísticos e fitossociológicos realizados em regiões semiáridas do Brasil..... 22

CAPÍTULO I

- Tabela 1. Estratificação de ambientes com localização, altitude, tipologia e caracterizações das áreas, na região do Araripe, Pernambuco, Brasil..... 43
- Tabela 2. Suficiência amostral para as variáveis número de indivíduos, número de fustes, número de espécies, médias de diâmetros e médias de alturas, para nove fragmentos em três níveis de altitude na região do Araripe, Pernambuco, Brasil. 48
- Tabela 3. Composição florística das espécies lenhosas ($CAP \geq 10$ cm) em três estratos de altitude na região do Araripe, Pernambuco, Brasil. 49
- Tabela 4. Riqueza de espécies lenhosas pelo índice de Shannon ('H) e equabilidade de Pielou (J) de fragmentos distribuídos em três estratos de altitude, baixada (B1, B2 e B3), encosta (E1, E2 e E3) e chapada (C1, C2 e C3) na região do Araripe, Pernambuco, Brasil. 63

CAPÍTULO II

- Tabela 1. Valores médios dos atributos do solo dos fragmentos da baixada (B1, B2 e B3), encosta (E1, E2 e E3) e chapada (C1, C2 e C3) na região do Araripe, Pernambuco, Brasil. 111
- Tabela 2. Correlação e contribuição de variáveis ambientais com os eixos de ordenação, pela Análise de Componentes Principais (PCA), em pesquisa com diferentes estratos de altitudes na região do Araripe, Pernambuco, Brasil..... 113
- Tabela 3. Matriz de distâncias versus matrizes de similaridade florística pelos índices de Sorensen (SO_{ij}) e Morisita-Horn (CH_{ij}) entre fragmentos da baixada (B1, B2 e B3), encosta (E1, E2 e E3) e chapada (C1, C2 e C3) na região do Araripe, Pernambuco, Brasil. 114

CAPÍTULO III

- Tabela 1. Espécies lenhosas nativas, com maiores densidades e dominâncias absolutas, em diferentes altitudes na região do Araripe..... 136
- Tabela 2. Propriedades energéticas de espécies lenhosas nativas, com maiores densidades e dominâncias absolutas, em diferentes altitudes na região do Araripe. 137
- Tabela 3. Densidade energética de espécies lenhosas nativas, com maiores densidades e dominâncias absolutas, em diferentes altitudes na região do Araripe. 142

CAPÍTULO IV

- Tabela 1. Espécies com potencial de uso em planos de manejo em diferentes altitudes na região do Araripe, Pernambuco, Brasil. 156

APÊNDICES

Apêndice 1.	Fórmulas utilizadas nos Capítulos I e II da Tese.	165
Apêndice 2.	Fitossociologia de espécies lenhosas do fragmento B1, ambiente baixada na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.	166
Apêndice 3.	Fitossociologia de espécies lenhosas do fragmento B2, ambiente baixada na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.	167
Apêndice 4.	Fitossociologia de espécies lenhosas do fragmento B3, ambiente baixada na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.	169
Apêndice 5.	Fitossociologia de espécies lenhosas do fragmento E1, ambiente encosta na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.	170
Apêndice 6.	Fitossociologia de espécies lenhosas do fragmento E2, ambiente encosta na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.	172
Apêndice 7.	Fitossociologia de espécies lenhosas do fragmento E3, ambiente encosta na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.	173
Apêndice 8.	Fitossociologia de espécies lenhosas do fragmento C1, ambiente chapada na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.	174
Apêndice 9.	Fitossociologia de espécies lenhosas do fragmento C2, ambiente chapada na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.	175
Apêndice 10.	Fitossociologia de espécies lenhosas do fragmento C3, ambiente chapada na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.	177
Apêndice 11.	Correlação de Pearson das variáveis ambientais e geográficas com características de comunidades lenhosas com diferentes altitudes em regiões semiáridas localizadas em Pernambuco, Brasil.	179
Apêndice 12.	Estimativas de estoque de energia por espécie lenhosa em nove fragmentos de florestas nativas, em diferentes níveis de altitude na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.	180

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	VEGETAÇÃO NATIVA DO SEMIÁRIDO.....	17
2.1.1	Vegetações das Caatingas	17
2.1.2	Vegetações das chapadas	20
2.2	EFEITO DA TOPOGRAFIA NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA REGIÃO SEMIÁRIDA NORDESTINA.....	23
2.3	AMOSTRAGEM E SUFICIÊNCIA AMOSTRAL DE FLORESTAS NATIVAS... 24	
2.4	LEVANTAMENTOS FLORÍSTICOS E FITOSSOCIOLÓGICOS	25
2.5	DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA E ESTRUTURA VERTICAL.....	26
2.6	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ESPÉCIES	27
2.7	PROPRIEDADES ENERGÉTICAS DA MADEIRA	27
2.7.1	Densidade básica, teor de umidade e poder calorífico da madeira	27
3	REFERÊNCIAS	31

CAPÍTULO I

1	INTRODUÇÃO	40
2	METODOLOGIA	41
2.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	41
2.2	COLETA DE DADOS	44
2.3	IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES	44
2.4	ANÁLISE DE DADOS	45
2.4.1	Suficiência Amostral	45
2.4.2	Composição Florística	45
2.4.3	Estrutura Fitossociológica	46
2.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	47
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
3.1	SUFICIÊNCIA AMOSTRAL.....	48
3.2	COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA	48
3.2.1	Famílias Botânicas	56
3.2.2	Riqueza de espécies arbustivo-arbóreas	60
3.2.3	Similaridade de áreas pela distribuição de espécies arbustivo-arbóreas	65
3.2.4	Síndromes de dispersão	69
3.3	ESTRUTURA HORIZONTAL E VERTICAL	76
3.3.1	Variações entre fragmentos	76
3.3.2	Inferências sobre os estratos de altitude	96
4	CONSIDERAÇÕES GERAIS	100
5	REFERÊNCIAS	102

CAPÍTULO II

1	INTRODUÇÃO	107
2	METODOLOGIA	109
2.1	ÁREA DE ESTUDO	109
2.2.2	Variáveis geográficas	110
2.2.3	Variáveis ambientais	110
2.2	ANÁLISE DE DADOS	112
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	114

3.1	INFLUÊNCIA DAS DISTÂNCIAS ENTRE FRAGMENTOS NA SIMILARIDADE FLORÍSTICA	114
3.2	CORRELAÇÃO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E GEOGRÁFICAS COM A VEGETAÇÃO LENHOSA	116
4	CONSIDERAÇÕES GERAIS	124
5	REFERÊNCIAS	126

CAPÍTULO III

1	INTRODUÇÃO	129
2	METODOLOGIA	131
2.1	ÁREA DE ESTUDO	131
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	136
3.1	ESPÉCIES LENHOSAS ANALISADAS	136
3.2	PROPRIEDADES ENERGÉTICAS DAS MADEIRAS	137
3.2.1	Densidades básicas e teores de umidades das madeiras	137
3.2.2	Poder calorífico das madeiras	138
3.2.3	Densidades energéticas da madeira	141
4	CONSIDERAÇÕES GERAIS	146
5	REFERÊNCIAS	148

CAPÍTULO IV

1	INTRODUÇÃO	152
2	METODOLOGIA	153
2.1	ÁREA DE ESTUDO	153
2.2	COLETA DE DADOS	153
2.3	INDICAÇÃO DE ESPÉCIES LENHOSAS	153
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	155
4	CONSIDERAÇÕES GERAIS	162
5	REFERÊNCIAS	163

1 INTRODUÇÃO GERAL

O acelerado crescimento da população urbana vem incitando de forma expressiva a expansão do mercado da construção civil, resultando em maior atividade das indústrias de materiais de construção (cerâmica vermelha, cal, gesso, cimento). Para conversão da matéria prima (minério) no produto final é necessário a utilização de grandes volumes de fontes de energia, que geralmente são retiradas da vegetação nativa das proximidades, provocando uma verdadeira devastação pela exploração exacerbada (BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2008; BARROS et al., 2010; RIEGELHAUPT e PAREYN, 2010).

Essas indústrias que utilizam a biomassa como fonte de energia, como estratégia de redução de custos, geralmente se instalam centralizadas em regiões que as ofereçam elevado estoque desta matéria-prima (vegetação nativa), sendo as explorações originadas em áreas próximas e se estendendo em raios cada vez maiores, até atingir um ponto em que o preço do produto, somado ao custo do transporte, não seja mais viável (RIEGELHAUPT E PAREYN, 2010).

A região do Araripe, composta pelos municípios de Araripina, Bodocó, Trindade, Ouricuri e Ipubi, em Pernambuco, abriga o principal polo gessífero do País, responsável por aproximadamente 95% da produção no território nacional. O Polo gessífero do Araripe, reúne 312 empresas (21 mineradoras, 61 calcinadoras, e 230 fábricas de pré-moldados) que produzem e transformam 1,8 milhão de toneladas de gipsita por ano. Estas, na maioria das vezes, operam à base de biomassa florestal, com consumo médio de 54.390 m³ de lenha por mês (SM GESSO, 2013; GADELHA, 2014).

Essa região tem sofrido um dos maiores impactos ambientais dos últimos anos, visto que a demanda de biomassa para geração de energia tem resultado em elevada pressão antrópica sobre a vegetação nativa, que tem sido devastada, ocasionando extensas áreas degradadas, desertificadas e/ou em processo de desertificação. O problema se agrava por essa região ser composta por áreas serranas com variados efeitos orográficos, responsáveis pela formação de diferentes micro-habitats com elevada diversidade biológica.

Para atender à necessidade dos polos consumidores, geralmente a vegetação é explorada com cortes rasos repetidos em pequenos intervalos de tempo, deixando o solo exposto por grandes períodos e causando inúmeros impactos sobre a vegetação nativa, principalmente na redução drástica da diversidade florística, resultando no desaparecimento de espécies-chave responsáveis pela alimentação de alguns grupos de animais, provocando

desequilíbrio na cadeia alimentar e conseqüentemente afetando a biodiversidade (OLIVEIRA et al., 2006; SAMPAIO, 2010).

Pelo tempo de exploração e nível de degradação que se encontra a região do Araripe, é de extrema importância o desenvolvimento de estudos técnicos científicos que forneçam diagnósticos atuais da vegetação nativa e busquem otimizar a utilização dos seus recursos. Essas informações devem ser utilizadas como base para o estabelecimento de políticas públicas que regulamentem usos mais sustentáveis desses recursos naturais.

Os levantamentos florísticos e fitossociológicos são extremamente úteis nesse processo, visto que geram informações sobre a composição e estrutura das vegetações, sendo a identidade das espécies e o comportamento das mesmas em comunidades o começo de todo processo para compreensão do ecossistema (MARANGON et al., 2007).

A composição e estrutura da vegetação pode ser resposta a inúmeros fatores, que vão desde ações antrópicas, como tipos e intensidade de explorações, ou até mesmo de variações geográficas e ambientais, como por exemplo, os níveis de altitudes que desencadeiam variados efeitos orográficos, tornando possível em um pequeno recorte geográfico a formação de um complexo mosaico com diferentes micros habitats compostos por distintos níveis de precipitação, temperatura, fertilidade e granulometria de solo.

Tão importante quanto diagnosticar a atual situação e variações da vegetação nativa é identificar quais principais agentes responsáveis por tais feitos, podendo estes ser de origem biótica ou abiótica.

A análise multivariada é uma excelente alternativa para analisar a influência dos mais diversos fatores de forma simultânea em um habitat natural, como exemplo a análise de correspondência canônica, que está relacionada diretamente a variação da comunidade vegetal em relação à variação ambiental, uma vez que os eixos de ordenação são escolhidos à luz do conhecimento das variáveis, por impor a restrição de que os eixos são combinações lineares das variáveis ambientais (TER BRAAK, 1987).

Com base no diagnóstico da vegetação, nessas áreas sob intensiva exploração florestal é de suma importância estudos sobre potencialidade energética da madeira de espécies lenhosas, visto que podem melhorar os rendimentos de energia, minimizar impactos e assegurar a sustentabilidade, sendo possível favorecer as indústrias e contribuir para o meio ambiente e desenvolvimento econômico e social da região (CARNEIRO et al., 2013; SANTOS et al., 2013; SOARES et al., 2014).

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar a diversidade florística e estrutural de comunidades, entender suas relações com variáveis geográficas e ambientais e caracterizar as propriedades energéticas de populações de espécies lenhosas nativas com maiores valores de densidade absoluta. Com base nas informações obtidas, criar uma relação de espécies indicadas para usos ecológicos e energéticos em diferentes níveis de altitude na região do Araripe em Pernambuco, Brasil.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 VEGETAÇÃO NATIVA DO SEMIÁRIDO

Em escala mundial, a vegetação geralmente é classificada de forma generalizada, principalmente, pela adoção de informações climáticas, onde áreas em zonas climáticas semelhantes, mesmo em diferentes continentes, são categorizadas por um tipo de fitofisionomia ou bioma. Contudo, dentro de uma região geográfica pode ocorrer uma variedade de fatores ambientais responsáveis pela formação de diversos micro-habitats compostos por diferentes composições florísticas e estruturas da vegetação (ARAÚJO et al., 2011; IBGE, 2012).

A região semiárida do Brasil possui clima tropical seco, que na maioria das vezes apresenta vegetação classificada com diferentes denominações, como Floresta Seca, Savana Estépica, Caatinga, entre outros. Porém, em escala local, a variável climática associada de forma complexa a outros fatores ambientais (diferentes tipos de solos, topografias, precipitações, umidades) podem ocasionar em uma distribuição descontínua da vegetação formando diferentes grupos fitofisionômicos (ALVES, 2009; ARAÚJO et al., 2011; SANTOS et al., 2014; ARRUDA et al., 2015).

A variação e distribuição da vegetação se deve, principalmente, ao relevo e características químicas e físicas do solo, uma vez que diferentes gradientes topográficos podem apresentar propriedades edáficas distintas, tendendo a ser mais fértil em áreas mais baixas e conseqüentemente exercendo maior influência sobre a vegetação (ARRUDA et al., 2015).

A generalização na classificação de grupos distintos de vegetações em única fitofisionomia pode gerar confusão no meio científico, uma vez que, a comparação de dados obtidos de áreas similares será comprometida.

2.1.1 Vegetações das Caatingas

As caatingas geralmente são caracterizadas como florestas de porte baixo a intermediário, compreendendo muitas árvores e arbustos que normalmente apresentam espinhos e microfilia, com presença de plantas suculentas e um estrato herbáceo efêmero, presente somente durante a curta estação chuvosa. Sendo as espécies lenhosas mais comuns: *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm., *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc., *Poincianella* sp., *Commiphora leptophloeos* (Mart.)

J.B. Gillett, *Croton sp.*, *Mimosa sp.*, *Myracrodruon urundeuva* Allemão, *Schinopsis brasiliensis* Engl. e *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (GIULIETTI et al., 2003; PRADO, 2003; CARDOSO e QUEIROZ, 2007).

A Caatinga apresenta grande variação fisionômica, principalmente relacionada à densidade e ao porte das árvores. As mudanças em escala local, a poucas dezenas de metros, são facilmente reconhecíveis e geralmente ligadas a uma alteração ambiental claramente identificável. É o caso do maior porte das plantas nos vales e do menor sobre lajedos e solos rasos, em consequência da maior e menor disponibilidade hídrica (AMORIM; SAMPAIO e ARAÚJO, 2005).

Na literatura são encontradas inúmeras classificações tomando como referência variáveis ambientais associadas a estrutura e composição florística da vegetação (BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007; IBGE, 2012; MORO et al., 2015).

No sistema de classificação do IBGE (2012), a vegetação semiárida é denominada como Savana estépica, conhecida também como “zona do sertão” ou “zona das caatingas”, com suas disjunções vegetacionais, podem ser subdivididas em arbórea densa ou aberta. De acordo com o sistema, essa região apresenta uma florística endêmica própria dos climas semiáridos, com chuvas intermitentes torrenciais seguidas por longo período seco. O tipo de vegetação que aí se instala é “Savânico”, com predominância de plantas espinhosas decíduais.

No diagnóstico florestal da região do Araripe, realizado pelo Ministério do Meio Ambiente (2007), em função das variações estruturais (porte e densidade de indivíduos) a vegetação da Caatinga pode ser classificada em:

Caatinga arbustiva: vegetação esparsa, com aproximadamente 3 m de altura, chegando a ser confundida como área em processo de regeneração. Possui ocorrência de muita vegetação arbustiva e cactáceas, baixo volume de madeira e estrato superior de altura com algumas árvores emergentes esparsas;

Caatinga arbustivo-arbórea: vegetação mais densa, com média de altura de 4,5 m e maior volume de madeira que a arbustiva. Apesar da ocorrência de muitas espécies arbustivas, o estrato superior de altura possui árvores emergentes, cujas copas chegam a se tocar;

Caatinga arbórea: vegetação com maior volume de madeira, média de altura superior a 5 m, ocorrendo predominantemente em solos mais profundos. No estrato superior de altura, as copas das árvores emergentes se cruzam fechando o dossel;

Rodal, Martins e Sampaio (2008) com objetivo de verificar as variáveis ambientais que pudessem diferenciar as Caatingas fisionomicamente, avaliaram a estrutura da vegetação

de dois fragmentos florestais, sendo um em região de pediplano e outra próxima de riacho. Segundo os autores, a principal diferença entre as áreas foi a presença de árvores com maiores diâmetros na próxima ao riacho. Porém, alertam que além da umidade outras variáveis ambientais (propriedades do solo, altitude, entre outros) devem ser analisadas simultaneamente para tentar explicar diferenças fitofisionômicas.

Moro et al. (2015) classificaram as Caatingas apenas sob o ponto de vista geomorfológico, não considerando subdivisões. Os autores sugerem que as diferenças no porte e adensamento de árvores são respostas ao estágio sucessional e grau de antropismo exercido sobre a vegetação, sendo classificada como Caatinga do cristalino. Definida como, tipo de vegetação típica da depressão sertaneja, decídua, espinhosa e adaptada ao clima semiárido, com apenas poucas espécies perenifólias (*Ziziphus spp.*, *Cynophalla spp.*, *Licania rigida*, *Libidibia ferrea*). Segundo os autores, como a pluviosidade é concentrada em apenas alguns meses, durante boa parte do ano as plantas não possuem água disponível para seu crescimento. Com isso, a maioria das árvores e arbustos evitam o estresse hídrico descartando as folhas durante a estação seca.

Na literatura pode ser encontrado um elevado número de classificações para as vegetações das Caatingas, ocorrendo uma verdadeira falta de padronização, em que áreas com diferentes fitofisionomias são classificadas de forma generalizada, se adotando uma escala mais ampla, geralmente em nível de bioma (Tabela 1).

Tabela 1. Revisão de literatura de levantamentos florísticos e fitossociológicos realizados com vegetações das Caatingas no Brasil.

Autores	Localização	Espécies	Família	DA*	AB**	Tipologias
Amorim et al. (2005)	Seridó, RN	15	10	--	6,100	CAA ³
Apgaua et al., 2014	Juvenília, MG	79	29	762,0	--	TCC ¹⁰
Barbosa et al. (2012)	Arcoverde, PE	36	19	1.491	--	CHAA ⁵
Costa et al. (2007)	Quixadá, Ceará	56	--	--	--	SEA ⁸ e SED ⁹
Farias et al. (2016)	Serra talhada, PE	50	24	3.332	17,60	CA ² e CAA ³
Ferraz et al. (2013)	Canidé de São Francisco, SE	24	12	--	6,950	SE ⁷
Guedes et al. (2012)	Santa Terezinha, PB	21	11	1.622	9,210	CAAA ⁴
Holanda et al. (2015)	Cajazeiras, PB	12	6	--	--	C ¹
Lemos e Meguro (2015)	Aiuaba, CE	47	20	6.014	18,30	CAA ³
Lemos e Rodal (2002)	São Raimundo Nonato, PI	56	19	--	--	C ¹
Pereira Júnior et al. (2012)	Monteiro, PB	37	14	3.495	28,78	CHAA ⁵
Sabino et al. (2016)	Patos, PB	30	15	2.078	16,96	CAAA ⁴
Santos et al. (2017)	Upanema, RN	18	10	3.473	7,600	CHAAR ⁶
Silva et al. (2012)	Itapetim, PE	31	13	1.682	--	C ¹
Souza et al. (2016)	São José de Espinharas, PB	22	11	--	--	CAA ³

*DA, Densidade absoluta (ind.ha⁻¹); **AB, Área basal (m²); ¹C, Caatinga; ²CA, Caatinga arbórea; ³CAA, Caatinga arbustiva aberta; ⁴CAAA, Caatinga arbórea arbustiva aberta; ⁵CHAA, Caatinga hipoxerófila arbórea arbustiva; ⁶CHAAR, Caatinga hipoxerófila arbustiva arbórea rala; ⁷SE, Savana estépica; ⁸SEA, Savana estépica aberta; ⁹SED, Savana estépica densa; ¹⁰TCC, Transição Caatinga-Cerrado.

2.1.2 Vegetações das chapadas

A chapada, devido as variações topográficas, associadas à posição no relevo, que ocasiona chuvas de convecção forçada, há ocorrência de diferentes tipos de vegetações. Se diferencia da Caatinga, principalmente, por apresentar formações florestais com menor presença de espinhos e redução ou ausência das Cactáceae. As áreas sedimentares do semiárido, que basicamente envolvem bacias e chapadas, apresentam padrões bastante complexos, compostos por vegetação caducifólia e perenifólia, com flora e fisionomia distintas da formação vegetacional circundante, a Caatinga. (EITEN et al., 1972; ARAÚJO; MARTINS e SHEPHERD, 1999; GOMES; RODAL e MELO, 2006).

Devido a variabilidade dos efeitos ambientais (profundidades do solo, precipitação, exposição as radiações solares, efeito de diferentes massas de ar) as regiões de chapadas têm uma enorme variedade de fitofisionomias, apresentando vegetações com diferentes estruturas e composições florísticas.

Moro et al. (2015) classificaram a vegetação das chapadas interiores da Serra da Ibiapaba, Chapada do Araripe e Chapada do Apodi, como:

Mata Úmida do Sedimentar: vegetação com árvores maiores que as da Caatinga típica e muitas espécies de epífitas, Samambaias e Briófitas;

Caatinga do Sedimentar ou Carrasco: vegetação decídua e não espinhosa que ocorre nas bacias sedimentares do Nordeste. Fisionomia dominada por arbustos, arvoretas e muitas lianas;

Mata Seca do Sedimentar: parece ser floristicamente, apenas um subtipo fisionômico de Caatinga do Sedimentar, com sua flora bastante relacionada a de outras áreas de Caatinga do Sedimentar do Nordeste;

Cerrado: vegetação savânica, com dois componentes fisionômicos principais: o lenhoso, composto por árvores e arbustos, em geral de pequeno a médio porte, retorcidos e ramificados; e o herbáceo, formado por um conjunto diverso de espécies pertencentes a várias famílias;

Cerradão: fisionomia florestal do cerrado lato sensu. Tipicamente, em locais onde incêndios são menos frequentes, ou onde por ação antrópica os incêndios são combatidos e controlados (como nas unidades de conservação), o componente lenhoso vai se tornando cada vez mais denso.

De acordo com o diagnóstico florestal da região do Araripe, realizado pelo Ministério do Meio Ambiente (2007), a vegetação nativa da chapada, pode ser classificada em:

Cerrado: vegetação de porte médio, com árvores esparsas e pequenas clareiras;

Mata Úmida: vegetação de porte elevado, média de altura superior a 8 m, localizada nas áreas úmidas da parte superior da chapada, na face noroeste;

Cerradão: considerada uma tipologia florestal de transição entre a Mata Úmida e o Cerrado, apresentando porte elevado. Essa vegetação não é tão homogênea quanto a Mata Úmida, devido ao fato de as copas de algumas árvores possuírem maior diâmetro que outras;

Carrasco: vegetação diferente das demais, com características próprias. Encontra-se na parte superior da chapada, em regiões mais secas. Em muitos casos é confundida com o Cerrado, Contato e Caatinga;

Contato Cerradão-Carrasco: vegetação de transição encontrada na parte superior da chapada, em uma região medianamente úmida, com espécies de ambas as tipologias, Cerradão e Carrasco;

Mata Seca: vegetação ocorrente em pequenas áreas na encosta, quase que totalmente descaracterizada pelo forte antropismo. É de difícil identificação, principalmente por estar na encosta da chapada, onde o relevo é abrupto, muitas vezes se confundindo com sombras do relevo.

Um problema recorrente nas classificações das fitofisionomias se dá com o uso do termo carrasco, que tem sido utilizado em todo o Brasil para designar diferentes tipos de vegetação, geralmente arbustiva, em solos pobres em nutrientes, podendo variar de densa a aberta. No Nordeste, diferentes autores usam o termo carrasco para referir-se a vegetação arbustiva densa xerófila do planalto da Ibiapaba e chapada do Araripe, ou a um tipo de Cerrado Denso na Bahia, ou a alguns tipos de Caatingas Arbustivas em solos pedregosos (ARAÚJO; MARTINS e SHEPHERD, 1999).

Segundo Prado (2003), o carrasco inclui espécies da Caatinga, mas sua florística, fisionomia e fenologia (semidecídua) é mais próximo ao Cerrado, não podendo ser inserido na fitofisionomia de Caatinga.

Na literatura podem ser encontradas para regiões de chapada uma grande diversidade de classificações (Tabela 2).

Tabela 2. Revisão de literatura de levantamentos florísticos e fitossociológicos realizados em regiões semiáridas do Brasil.

Autores	Localização	Espécies	Família	DA*	AB**	Tipologias
Araújo et al. (1999)	Ubajara, CE	74	30	--	--	CAR ¹
Costa e Araújo (2007)	Araripe, Barbalha, CE	43	28	2.224	19,20	CST ³
Couto et al. (2011)	Chapada diamantina, BA	94	34	--	--	FESS ⁵
Cunha et al. (2013)	Maturéia e Mãe D'água, PB	63	31	1.138	22,45	FESM ⁴
Gomes et al. (2006)	Buíque, PE	--	--	--	--	VPA ⁶
Miguel et al. (2016)	Palmas, TO	--	34	1.228	17,34	CE ²
Oliveira et al. (2012)	Rio do Fogo, RN	31	15	--	--	CE ²
Oliveira et al. (2015)	Jaborandí, BA	58	24	1.027	8,240	CST ³

*DA, Densidade absoluta (ind.ha⁻¹); **AB, Área basal (m²); ¹CAR, Carrasco; ²CE, Cerrado; ³CST, Cerrado Sensu stricto; ⁴FESM, Floresta estacional semidecidual de montana; ⁵FESS, Floresta estacional semidecidual submontana; e ⁶VPA, vegetação perenifólia arbustiva.

Na literatura é verificado as que as Caatingas, geralmente, apresentam menor diversidade que as vegetações da chapada, podendo ser justificado pelas difíceis condições climáticas, associadas a presença de solos rasos, que restringem o número de espécies, só permanecendo aquelas que desenvolveram ao longo do tempo mecanismo fisiológicos que as ajudem a sobreviver a situações de estresse.

São encontrados poucos estudos que busquem analisar as diferenças vegetacionais em diferentes altitudes. Araújo et al. (2011) com o objetivo de avaliar a variação da vegetação ao longo de um gradiente topográfico, estratificou três fitofisionomias (caatinga em altitudes de 300 a 500 m, floresta decídua em altitudes de 500 a 700 m e carrasco em altitudes de 700 m). Foi constatada maior diversidade em altitudes mais elevadas e poucas espécies comuns entre a Caatinga e as fitofisionomias Floresta Decídua e Carrasco, havendo maior número de espécies comuns entre essas duas últimas.

Neves et al. (2016) e Arruda et al. (2015), analisando áreas de Caatinga, transição Caatinga-Cerrado e Cerrado, verificaram o solo como principal responsável pela variação na vegetação. De acordo com Neves et al (2016), independente dos níveis de precipitação, o solo foi o principal condicionador dos diferentes tipos de vegetação. Onde a matéria orgânica e os teores de argila do solo diminuem com a altitude. Ainda segundo os autores, a importância das condições edáficas, e não apenas a escassez e a irregularidade das chuvas, como normalmente é suposto, devem ser consideradas como um fator no estabelecimento da vegetação da Caatinga.

As áreas de transição entre Caatinga e Cerrado, apesar de sua importância, têm sido pouco investigadas e, por sua função de ecótono, com grande diversidade de espécies, merecem atenção especial. Além disso, o conhecimento das características ecológicas das espécies arbóreas destas áreas de transição é importante, devido a possibilidade de utilização

destas espécies, adaptadas a duas formações vegetais distintas, em projetos de recuperação e recomposição de áreas degradadas (BOTREL et al., 2015).

2.2 EFEITO DA TOPOGRAFIA NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA REGIÃO SEMIÁRIDA NORDESTINA

A região nordeste do Brasil é caracterizada por apresentar elevada irregularidade na distribuição espacial e concentração de chuvas, podendo variar em função das condições na dinâmica atmosférica, movimentação de fluxos de massas de ar durante o ano, variações dos relevos e exposição aos ventos. A precipitação tende a diminuir com a distância do mar, visto que, as nuvens ao se afastarem do litoral, em direção ao interior do continente, vão se dissipando e reduzindo a precipitação com a distância da costa ou de alguma outra fonte de umidade (CALASANS, LEVY e MOREAU, 2002; ARAÚJO et al., 2008; ARAÚJO, 2011).

Na região semiárida do nordeste brasileiro, principalmente, nas depressões sertanejas, há predominância da massa Téptica Karaliana (massa quente seca que se movimenta do deserto do Kalaari, na África, para a costa do Nordeste brasileiro, de sul para norte) que geralmente, só é convertida em chuva quando ocorre convergência com a massa Tropical Atlântica (massa úmida), quando esta ultrapassa o planalto da Borborema na Zona da Mata e se adentra no sentido do continente (ARAÚJO, 2011).

Nas regiões secas, o relevo apresenta importante papel na variabilidade climática ao longo da área de abrangência, visto que, as vertentes a barlavento dos principais compartimentos geomorfológicos posicionam-se como obstáculos topográficos em contraposição ao deslocamento livre do ar quente e úmido, favorecendo a ocorrência de chuvas orográficas com médias pluviométricas superiores as depressões sertanejas. Como exemplo, o Planalto do Ibiapaba e a Chapada do Araripe, cujo relevo imprime um comportamento hidro climático, com elevados níveis de precipitação em razão do efeito orográfico que o obstáculo topográfico exerce sobre a depressão periférica circunjacente (ARAÚJO, 2011; SANTOS e NASCIMENTO, 2017).

Apesar da extrema importância do relevo em proporcionar melhores condições de disponibilidade hídrica em relação a semiaridez vigente na área dos sertões, não é suficiente para resolver o problema da seca das depressões sertanejas. A constituição geológica dos sertões não favorece na existência de rios perenes, pelo menos àqueles que têm suas nascentes na própria região, visto que é formado por terrenos cristalinos com solos rasos ou pouco profundos, provocando o escoamento superficial e dificultando a infiltração. Devido as

elevadas temperaturas e clima seco, geralmente o balanço hídrico dessa região apresenta deficiência hídrica, porque o potencial de evapotranspiração é maior do que as precipitações (TUCCI e MENDES, 2006; CÂNDIDO e NUNES, 2008; ARAÚJO, 2011; SANTOS e NASCIMENTO, 2017).

2.3 AMOSTRAGEM E SUFICIÊNCIA AMOSTRAL DE FLORESTAS NATIVAS

Para avaliar os parâmetros de uma população vegetal de uma floresta pela mensuração de todos os indivíduos que a compõem (censo), dependendo do tamanho do fragmento, torna-se quase que impossível, ou até mesmo inviável devido ao tempo e custo que isso demandaria. Tal situação pode ser minimizada com o uso de técnicas de amostragem, onde se mensura uma parte representativa da comunidade, com precisão pré-estipulada (SILVA, 1997; FARIAS et al., 2002; GAMA e PINHEIRO, 2010).

Se tratando de grandes fragmentos florestais, os inventários por amostragem, utilizando uma amostra representativa fornecerá todas as informações necessárias em menor tempo e custo que um censo, sendo o sucesso do inventário florestal ligado à definição correta do processo de amostragem, do tamanho e forma das unidades amostrais e da intensidade de amostragem, requisitos básicos para obter as informações com precisão (SOARES e PAULA NETO, 1997).

Existem na literatura diversos métodos utilizados para inventariar populações florestais que buscam minimizar os erros para uma mesma quantidade de trabalho, fixados à precisão desejada para as informações a serem levantadas. Assim, torna-se importante investigar, para o tipo florestal específico, os métodos e processos de amostragem que permitam reduzir os custos do inventário, o qual é diretamente influenciado pelo tempo de medição e pelo caminhamento (CESARO et al., 1994).

Para Dias e Couto (2005), a definição do método de amostragem que possa ser empregado em diferentes tipos de vegetação e produza resultados precisos e comparáveis entre si, a um menor custo e no menor espaço de tempo possível, é esperança de todo aquele que se dedica a esta área de estudo. No entanto, o que se observa é que cada pesquisador desenvolve o seu próprio sistema de amostragem, produzindo resultados nem sempre comparáveis com outros estudos, mesmo quando são realizados em um mesmo bioma.

Para a amostragem ser bem-sucedida, a amostra deve ser livre de erros sistemáticos e ter tamanho suficiente para representar os níveis de probabilidade e de ocorrência da

população. Neste último requisito, depende do tamanho da população, de sua variabilidade e da precisão requerida no inventário (UBIALLI et al., 2009).

A suficiência amostral é um conceito quantitativo utilizado em estudos fitossociológicos para informar se a amostra utilizada é “representativa” da comunidade vegetal em estudo. A ideia de representatividade, nesse caso, está relacionada à indicação de que a composição florística e a densidade de árvores por espécie estão adequadamente amostradas (SCHILLING e BATISTA, 2008).

Uma estimativa média amostral só possuirá valor se houver atribuição de uma confiabilidade e o erro de amostragem é à medida que expressa o grau de confiabilidade de uma amostra. O uso do intervalo de confiança em um determinado nível de probabilidade pode fornecer melhor confiabilidade na estimativa dos parâmetros (SOARES et al., 2011).

2.4 LEVANTAMENTOS FLORÍSTICOS E FITOSSOCIOLÓGICOS

Para caracterizar a vegetação arbórea de um determinado fragmento, é preciso reconhecer as espécies presentes no local e realizar uma avaliação da estrutura horizontal e vertical da floresta, com o objetivo de verificar seu desenvolvimento. O conhecimento e o entendimento da complexa dinâmica que envolve as florestas tropicais se inicia pelo levantamento da florística, sendo a identidade e o comportamento das espécies em comunidades vegetais o começo de todo processo para compreensão deste ecossistema (LONGUI et al., 2000; MARANGON; SOARES e FELICIANO, 2003).

Com o conhecimento de parâmetros básicos da vegetação, as técnicas de manejo surgem como uma forma de conservação e preservação da diversidade das espécies e, até mesmo de subsidiar a recuperação de fragmentos florestais, em processo de degradação (MARANGON et al., 2007).

A aplicação de um método fitossociológico ou quantitativo, num dado local e num dado tempo permite fazer uma avaliação momentânea da composição da vegetação, obtendo dados de frequência, densidade, dominância, índice de importância relativa e coeficiente de similaridade das espécies ocorrentes naquela formação. Assim, o método fitossociológico é uma ferramenta que, se usada adequadamente, permite fazer várias inferências sobre a comunidade em questão (ERASMO; PINHEIRO e COSTA, 2004; MARANGON et al., 2007).

2.5 DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA E ESTRUTURA VERTICAL

A compreensão da distribuição das espécies por classes de seus respectivos diâmetros permite inferir sobre o passado e o futuro das comunidades vegetais, bem como produz informações que auxiliam na tomada de decisões sobre a preservação da espécie, recuperação e conservação dos biomas onde ocorre. Sob o ponto de vista da produtividade, informações acerca da estrutura diamétrica das populações e comunidades de determinados biomas, subsidiam a identificação do seu potencial de uso, caracterizando o estoque de madeira disponível antes de uma exploração (PULZ, 1999).

A distribuição diamétrica assume particular importância no levantamento da estrutura horizontal de uma floresta, por permitir caracterizar uma tipologia florestal e, também, por ser um potente indicador do estoque em crescimento das florestas, além de fornecer subsídios para tomada de decisões e do planejamento do manejo a ser aplicado em determinada área. A análise dessa ferramenta pode ser definida pela caracterização do número de indivíduos por unidade de área e por intervalo de classe de diâmetro (FELFILI, 1997; MACHADO et al., 2009; MACHADO et al., 2010).

A análise da estrutura vertical de uma floresta é de suma importância, pois a mesma cumpre um papel fundamental nos processos ecológicos, na produção de biomassa e na coexistência das espécies dentro do fragmento. Essa avaliação também pode ser de grande valia para o manejo, uma vez que uma das principais tarefas é reconhecer os estratos de altura da floresta (KOHYAMA, 1992; SANQUETTA, 1995).

O estudo da estrutura vertical, juntamente com os dados obtidos na distribuição diamétrica, permite analisar o estágio de desenvolvimento da floresta, por meio da distribuição dos indivíduos nos diferentes estratos de alturas (LONGUI, 2000; MARANGON, et al., 2008).

A estrutura sociológica informa, também, sobre a composição florística nos diferentes estratos da floresta. Tendo em vista que, a presença de espécies nos diferentes estratos é de fundamental importância fitossociológica, pois uma espécie tem presença assegurada na estrutura e dinâmica da floresta quando bem representada em todos os seus estratos. Apesar de importante na compreensão da estrutura de uma floresta, a diferenciação segura dos estratos de altura de uma comunidade florestal, com base estatística, é um desafio ainda por ser vencido, e normalmente, os estratos são diferenciados em superior, intermediário e inferior (LONGHI, 1987; DURIGAN, 2012).

2.6 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ESPÉCIES

Dentro de um habitat, as espécies podem ocupar micro-habitats diferentes, por estarem cercadas com diferentes condições físicas, ou com falta de recursos que não permitem sua sobrevivência. Dentro de uma comunidade, cada espécie tende de ser mais abundante onde há maiores disponibilidades de recursos para seu desenvolvimento, sendo rara ou ausente, onde esses recursos são limitados (BROWN e LOMOLINO, 2006; COX e MOORE, 2011).

Para distinguir essas diferenças entre os arranjos espaciais dentro do mesmo fragmento, em primeiro lugar é de extrema importância refletir sobre os atributos de uma comunidade vegetal que podem variar entre locais, ou entre momentos dentro do mesmo local, e em segundo lugar, é preciso entender quais são os fatores que determinam a estrutura e a composição da vegetação ou provocam sua modificação (SILVA et al., 2012).

Neste sentido, diversos pesquisadores (NASCIMENTO; LONGHI e BRENA, 2001; LINDENMAIER e BUDKE, 2006; GIEHL e BUDKE, 2007; BARROSO e CASCON, 2009; BERNASOL e LIMA RIBEIRO, 2010; WATZAWICK et al., 2011), não têm poupado esforços para entender melhor como ocorre à distribuição espacial de determinadas espécies dentro do mesmo habitat. Uma vez que, em uma comunidade vegetal, os seus constituintes (plantas) encontram-se arranjados conforme as diversas associações naturais, que uma determinada vegetação possui, ao longo de sua distribuição natural (NASCIMENTO; LONGHI e BRENA, 2001).

Para facilitar o melhor entendimento dessa distribuição espacial das espécies, em 1934, foi proposto o índice de agregação de MacGuinnes (IGA), em que através das densidades, esperada e observada, frequência absoluta e número de unidades amostrais, pode-se classificar o padrão de distribuição espacial da espécie como: uniforme, aleatório, com tendência de agrupamento ou agrupado.

2.7 PROPRIEDADES ENERGÉTICAS DA MADEIRA

2.7.1 Densidade básica, teor de umidade e poder calorífico da madeira

A madeira é considerada um biopolímero natural de estrutura complexa, formada por diversas camadas que compõe a fibra, composta por celulose (principal componente da parede celular), hemiceluloses, lignina (polímero aromático natural de alto peso molecular responsável pela dureza e rigidez da parede celular), extrativos (substâncias que não fazem parte da parede celular) e inorgânicos (FURTADO, et al., 2012; SANTOS, et al., 2016).

Essa composição química em conjunto as propriedades físicas (densidade básica, teor de umidade, poder calorífico) são extremamente determinantes na qualidade e rendimento energético da biomassa no processo de combustão (OLIVEIRA, et al., 2010; SOUZA, et al., 2012).

Para fins energéticos, o poder calorífico é considerado uma das variáveis que apresenta melhor resposta para seleção do material combustível, uma vez que traz informação a respeito da energia liberada durante o processo de queima da madeira (SANTOS, 2010).

O poder calorífico é definido como a quantidade de energia liberada durante o processo de combustão, podendo ser classificado em: Poder Calorífico Superior (PCS), energia liberada pela combustão completa de um dado material no ar; Poder Calorífico Inferior (PCI), energia liberada pela queima, de modo que a água proveniente da queima esteja em estado gasoso; e Poder Calorífico Útil (PCU), energia útil do processo da queima, sendo descontada a energia necessária para evaporar a água referente à umidade da madeira. Podendo estes, variar em resposta as diferenças nas propriedades físicas, químicas e anatômicas da madeira (ALMEIDA; BRITO e PERRÉ, 2010; LIMA, 2010; FURTADO, et al., 2012; MEDEIROS NETO et al., 2012; MACHADO NETO et al., 2015; HALOUA et al., 2016).

O poder calorífico pode variar de 3.000 a 5.400 Kcal/Kg em madeiras de angiospermas, quanto maior, melhor é o rendimento energético do material combustível, representando menor insumo de biomassa para geração de mais energia (BRITO e BARRICHELLO, 1979; SANTOS et al., 2016).

Para Jesus, et al. (2017), os valores de PCS e PCL não se diferenciam muito dentro do mesmo gênero, sendo o PCU mais importante por não incluí o calor latente da água presente nos produtos de combustão, ou seja, é a quantidade real de energia produzida pela combustão completa do material.

A densidade básica e teor de umidade da madeira, apresentam fortes correlações com o poder calorífico, sendo positiva com densidade e negativa com a umidade (LIMA; ABDALA e WENZEL, 2008; FURTADO, et al., 2012; BRAND, et al., 2013; CARVALHO et al, 2014; MEDEIROS NETO et al., 2014; EVARISTO et al., 2016; AWAD et al. 2017; JESUS et al., 2017). Ou seja, para maior liberação de energia durante o processo da queima, é desejável um material combustível com alta densidade básica e baixo teor de umidade (CARVALHO et al, 2014).

A densidade básica é reflexo fiel da quantidade da matéria lenhosa por unidade de volume, desconsiderando-se o teor de extrativos e materiais estranho na madeira. É determinada através da relação peso por volume e expressa em grama por centímetro cúbico (g/cm^3) (MORESCHI, 2014).

Os componentes da anatomia da madeira são extremamente determinantes nas variações da densidade básica, visto que é dependente das mudanças na proporção dos vasos e das espessuras das paredes celulares das fibras ou traqueídeos. A mesma, é uma variável de grande importância, pois fornece informações sobre as características da madeira, devido a sua íntima relação com outras propriedades, podendo variar de acordo com a espécie, idade, localidade e fatores externos (PERES et al., 2012).

A densidade básica também tem forte relação com as variáveis químicas estruturais da madeira, em especial a celulose e lignina, que são extremamente determinantes para geração de energia. Desta forma, pode ser considerada um parâmetro indicador de madeiras com potencial energético. A densidade energética da madeira tende a aumentar linear e proporcionalmente a densidade básica, em que materiais mais densos tendem a apresentar maior quantidade de energia disponível (PAULA, 1993; CARNEIRO et al., 2013; JESUS, et al., 2017).

Informações a respeito da densidade da madeira é de extrema relevância na escolha de materiais com melhores rendimento energético, visto que a utilização de madeiras com baixa densidade básica implica em uma queima rápida, e menor produção de energia por unidade de volume. Porém, madeiras com elevada densidade básica podem apresentar dificuldade em iniciar o processo de queima, devido ao elevado grau de dureza, por apresentarem uma maior quantidade de celulose e lignina em seus lenhos (MACHADO NETO et al., 2015).

Tanto na queima direta, como nos processos de transformação da madeira (carvão) a densidade básica é considerada uma variável de elevada importância ao se tratar de potencialidade energética, principalmente, por retratar a quantidade de massa por volume convertido em energia. Contudo, não é indicado a utilização desta isoladamente, uma vez que apresenta alta correlação, positiva ou negativa, com outros parâmetros (SANTOS et al., 2013; ALMEIDA et al., 2015).

O poder calorífico também pode ser totalmente afetado pela quantidade de água presente no material combustível no ato da queima, visto que, parte da energia liberada no processo de combustão é destinada a evaporação da umidade presente. Quanto maior o teor de umidade, menor será a energia liberada. Para geração de energia, o teor de umidade está entre

uma das características mais relevantes no uso de materiais lignocelulósicos, tanto em processos termoquímicos, como a combustão e a pirólise (LIMA; ABDALA e WENZEL, 2008; SOUZA et al., 2012).

Na madeira são encontrados praticamente três tipos de água que podem influenciar diretamente sua eficiência energética: água capilar ou livre, que se encontra acima do ponto de saturação das fibras (PSF), em média 28% (facilmente retirada em secagens ao ar livre); água higroscópica ou de adesão, variando de 6 a 28% (de difícil e lenta retirada); e água de adsorção, que pode variar de 0 a 6%. A secagem correta da madeira é extremamente eficaz no aumento da quantidade de energia aproveitável durante a combustão, visto que acima de 60% de umidade não há combustão, sendo a energia empregada para eliminação da água na madeira, superior à sua capacidade de geração e a ignição comprometida (QUIRINO et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2010; MORESCHI, 2014).

Para se obter uma biomassa vegetal com alto rendimento energético, baixo custo e elevada qualidade, a escolha da madeira é um fator de extrema importância, sendo os principais critérios de seleção, densidade básica, poder calorífico, teor de umidade e constituição química (OLIVEIRA et al., 2010).

3 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. M. C. et al. Avaliação físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadenia stipulacea* (benth.) ducke e *Amburana cearensis* (allemao) A. C. Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 165-173, 2015.
- ALMEIDA, G.; BRITO, J. O.; PERRÉ, P. Alterations in energy properties of eucalyptus wood and bark subjected to torrefaction: The potential of mass loss as a synthetic indicator. **Bioresource Technology**, New York, v. 101, p. 9778-9784, 2010.
- ALVES, J. J. A. Caatinga do cariri paraibano. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 17, n. 1, p. 19-25, 2009.
- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 19, n. 3, p. 615-623, 2005.
- APGAUA, D. M. G. et al. Tree community structure in a seasonally dry tropical Forest remnant, Brazil. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 173-182, 2014.
- ARAÚJO, F. S.; MARTINS, F. R.; SHEPHERD, G. J. Variações estruturais e florísticas do carrasco no Planalto da Ibiapaba, estado do Ceará. **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, n. 59, v. 4, p. 663-678, 1999.
- ARAÚJO, F. S. et al. Floristics and life-forms along a topographic gradient, central-western Ceará, Brazil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 2, p. 341-366, 2011.
- ARAÚJO, L. E. et al. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.23, n.2, p. 162-169, 2008.
- ARAÚJO, S. M. S. A região semiárida do Nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. **Revista Rios Eletrônica**, Paulo Afonso, v. 5, n. 5, p. 89-98, 2011.
- ARRUDA, D. M. et al. Landforms and soil attributes determine the vegetation structure in the Brazilian semiarid. **Folia Geobotanica**, Praha, v. 50, p. 175-184, 2015.
- AWAD, O. I. A. et al. Calorific value enhancement of fusel oil by moisture removal and its effect on the performance and combustion of a spark ignition engine. **Energy Conversion and Management**, Oxford, v. 137, p. 86-96, 2017.
- BARBOSA, M. D. et al. Florística e fitossociologia de espécies arbóreas e arbustivas em uma área de Caatinga em Arcoverde, PE, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.5, p. 851-858, 2012.
- BARROS, B. C. et al. Volumetria e sobrevivência de espécies nativas e exóticas no polo gesseiro do Araripe, PE. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n.4, p. 641-647, 2010.

- BARROSO, C. X.; COSCON, H. M. Distribuição espacial e temporal da malacofauna no estuário do rio Ceará, Brasil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, Itajaí, v. 4, n. 1, p. 79-86, 2009.
- BERNASOL, W. P.; LIMA RIBEIRO, M. S. Estrutura espacial e diamétrica de espécies arbóreas e seus condicionantes em um fragmento de cerrado sentido restrito no sudoeste goiano. **Hoehnea**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 181-198, 2010.
- BOTREL, R. T. et al. Fenologia de uma espécie arbórea em ecótono Caatinga / Cerrado no sul do Piauí. **Revista Verde**, Pombal, v. 10, n. 3, p. 07-12, 2015.
- BRAND, M. A. et al. Análise da qualidade da madeira e do carvão vegetal produzido a partir da espécie *Miconia cinnamomifolia* (De Candolle) *Naudin* (Jacatirão-açu) na agricultura familiar, em Biguaçu, Santa Catarina. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 99, p. 401-410, 2013.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Manejo sustentável dos recursos florestais da Caatinga**. Natal, 2008. p. 1-28.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Potencial Florestal da Região do Araripe. In: **Região do Araripe, Pernambuco, Diagnóstico Florestal**. Brasília, 2007. p. 15-36.
- BRITO, J. O.; BARRICHELLO, L. E. G. Usos diretos e propriedades da madeira para geração de energia. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n. 52, 1979. 7p.
- BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. **Biogeografia**. 2. ed. Ribeirão Preto: Editora FUNPEC, revista ampliada. 2006. 691p.
- CALASANS, N. A. R.; LEVY, M. C. T.; MOREAU, M. Inter-relações entre clima e vazão. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002. p. 67-90.
- CÂNDIDO, D. H.; NUNES, L. H. Influência da orografia na precipitação da área entre o Vale do rio Tietê e a Serra da Mantiqueira. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 24, p. 08-27, 2008.
- CARDOSO, D. B. O. S.; QUEIROZ, L. P. Diversidade de Leguminosae nas Caatingas de Tucano, Bahia: implicações para a fitogeografia do semiárido do Nordeste do Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, 58, p. 379-391, 2007.
- CARNEIRO, A. C. O. et al. Estudo da composição térmica da madeira de oito espécies da região do Seridó, Rio Grande do Norte. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1153-1163, 2013.
- CARVALHO, A. F. et al. Propriedades físicas e energéticas da madeira e do carvão vegetal da espécie *Hieronyma alchorneoides*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 79, p. 257-261, 2014.
- CESARO, A. et al. Comparação dos métodos de amostragem de área fixa, relascopia, e de seis árvores, quanto a eficiência, no inventário florestal de um povoamento de *Pinus sp.* **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 97-108, 1994.

COSTA, I. R.; ARAÚJO, F. S.; Organização comunitária de um enclave de cerrado sensu stricto no bioma Caatinga, chapada do Araripe, Barbalha, Ceará. **Acta Botânica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 21, n. 2, p. 281-291, 2007.

COUTO, A. P. L.; FUNCH, L. S.; Conceição, A. A. Composição florística e fisionomia de floresta estacional semidecídua submontana na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 61, n. 2, p. 391-405, 2011.

COX, C. B; MOORE, P. D. **Biogeografia: uma abordagem ecológica e evolucionária**. 7. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. 2011. 398p.

CUNHA, M. C. L.; SILVA JÚNIOR, M. C.; LIMA, R. B. Fitossociologia do estrato lenhoso de uma Floresta Estacional Semidecidual Montana na Paraíba, Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 2, p. 271-280, 2013.

DIAS, A. C.; COUTO, H. T. Z. Comparação de métodos de amostragem na Floresta Ombrófila Densa - Parque Estadual Carlos Botelho/SP-Brasil. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 63-72, 2005.

DURIGAN, G. Estrutura e Diversidade de Comunidades Florestais. In: MARTINS, S. V. **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. 2. Ed. Viçosa, editora UFV, cap. 8, p. 295-325, 2012.

EITEN, G. The Cerrado Vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, New York, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.

ERASMO, E. A. L.; PINHEIRO, L. L. A.; e COSTA, N. V. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 195-201, 2004.

EVARISTO, A. B. et al. Potencial energético dos resíduos do fruto da macaúba e sua utilização na produção de carvão vegetal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 571-577, 2016.

FARIAS, C. A. et al. Comparação de métodos de amostragem para análise estrutural de florestas inequidistantes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 541-548, 2002.

FARIAS, S. G. G. et al. Fisionomia e estrutura de vegetação de caatinga em diferentes ambientes em Serra Talhada – Pernambuco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 435-448, 2016.

FELFILI, J. M. Diameter and height distributions in a gallery forest tree community and some of its main species in central Brazil over a six-year period (1985-1991). **Revista Brasileira Botânica**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 155-162, 1997.

FERRAZ, R. C. et al. Levantamento fitossociológico em área de Caatinga no Monumento Natural Grota do Angico, Sergipe, Brasil. **Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 3, p. 89-98, 2013.

FURTADO, T. S. et al. Correlação entre teor de umidade e eficiência energética de resíduos de *Pinus taeda* em diferentes idades. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 577-582, 2012.

- GADELHA, F. H. L. **Desempenho silvicultural e avaliação econômica de clones híbridos de eucaliptos plantados em diferentes regimes de manejo para fins energéticos**. 2014. 147 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.
- GAMA, J. R. V.; PINHEIRO, J. C. Inventário florestal para adequação ambiental da fazenda Santa Rita, município de Santarém, estado do Pará. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 3, p. 585-592, 2010.
- GIEHL, E. L. H.; BUDKE, J. C.; ATHAYDE, E. A. Distribuição espacial de espécies arbóreas em uma floresta Estacional em Santa Maria, Sul do Brasil. **Pesquisas, Botânica**, São Leopoldo, n. 58, p. 215-226, 2007.
- GIULIETTI, A. M. et al. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: SILVA, J. M. C. et al. (Org.). **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, 2003. 382p.
- 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 Botânica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 20, n. 1, p. 37-48, 2006.
- GUEDES, R. S. et al. Caracterização florístico-fitosociológica do componente lenhoso de um trecho de caatinga no semiárido paraibano. **Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 99-108, 2012.
- HALOUA, F. et al. Comparison of traceable methods for determining the calorific value of non-conventional fuel gases. **International Journal of Thermal Sciences**, Paris, n. 100, p. 438 - 447, 2016.
- HOLANDA, A. C. et al. Estrutura da vegetação em remanescentes de caatinga com diferentes históricos de perturbação em Cajazeirinhas (PB). **Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 142-150, 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. ver. e ampl. Rio de Janeiro, 2012, 271p.
- JESUS, M. S. et al. Caracterização energética de diferentes espécies de Eucalyptus. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 47, n. 1, p. 11-16, 2017.
- KOHYAMA, T. Size-structured multi-species model of rain forest trees. **Functional Ecology**, London, v. 6. p. 206-212, 1992.
- LEMONS, J. R.; MEGURO, M. Estudo fitossociológico de uma área de Caatinga na Estação Ecológica (ESEC) de Aiuaba, Ceará, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v. 28, n. 2, p. 39-50, 2015.
- 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 Brasílica**, Belo Horizonte, v. 16, n. 1, p. 23-42, 2002.

LIMA, E. A.; ABDALA, E. M.; WENZEL. Influência da Umidade no Poder Calorífico Superior da Madeira. **Comunicado Técnico 260**, Colombo, PR, 2010. 3p.

LINDENMAIER, D. S.; BUDKE, J. C. Florística, diversidade e distribuição espacial das espécies arbóreas em uma Floresta Estacional na Bacia do Rio Jacuí, Sul do Brasil. **Pesquisas Botânica**, São Leopoldo, n. 57, p. 193-216, 2006.

LONGHI, S. J. Aspectos fitossociológicos de uma floresta natural de *Astronium balansae* Engl., no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 17, n. 1, p. 49–61, 1987.

LONGHI, S. J. et al. Aspectos fitossociológicos de fragmento de Floresta Estacional Decidual, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 59-74, 2000.

MACHADO NETO, A. P. et al. Densidade e poder calorífico como base para prevenção de incêndios florestais sob linhas de transmissão. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 1, p. 9-15, 2015.

MACHADO, E. L. M. et al. Flutuações temporais nos padrões de distribuição diamétrica da comunidade arbóreo-Arbustivo e de 15 populações em um Fragmento Florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 723-732, 2010.

MACHADO, S. A. et al. Distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 2, p. 103-110, 2009.

MARANGON, L. C. et al. Estrutura fitossociológica e classificação sucessional do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, no Município de Viçosa, Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 208-221, 2007.

MARANGON, L. C. et al. Relações florísticas, estrutura diamétrica e hipsométrica de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa (MG). **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 4, p. 699-709, 2008.

MARANGON, L. C.; SOARES, J. J.; FELICIANO, A. L. P. Florística arbórea da Mata da Pedreira, Município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 207-215, 2003.

MEDEIROS NETO, P. N. et al. Características físico-químicas e energéticas de duas espécies de ocorrência no semiárido brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 579 - 588, 2012.

MIGUEL, E. P. et al. Floristic-structural characterization and successional group of tree species in the Cerrado biome of Tocantins state, Brazil. **Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 2, p. 393-404, 2016.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da madeira**. 4. ed. Curitiba: FUPEF; 2014. 208 p.

MORO, M. F. et al. Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 66, n. 3, p. 717-743, 2015.

NASCIMENTO, A. R. T.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 105-119, 2001.

- NEVES, S. P. S. et al. What are the most important factors determining different vegetation types in the Chapada Diamantina, Brazil? **Brazilian Journal of Biology**, São Paulo, v. 76, n. 2, p. 315-333, 2016.
- OLIVEIRA, A. C. et al. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 431-439, 2010.
- OLIVEIRA, A. C. P. et al. Composição florística de uma comunidade savânica no Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 26, n. 3, p. 559-569, 2012.
- OLIVEIRA, C. P. et al. Composição florística e estrutura de um Cerrado Sensu Stricto no oeste da Bahia. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 4, p. 545-552, 2015.
- OLIVEIRA, E. et al. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 311-318, 2006.
- PAULA, J. E. Madeiras da caatinga úteis para produção de energia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.2, p.153-165, 1993.
- PEREIRA JÚNIOR, L. R.; ANDRADE, A. P.; ARAÚJO, K. D. Composição florística e fitossociológica de um fragmento de Caatinga em Monteiro, PB. **Holos**, Natal, v. 28, n. 6, p. 73-87, 2012.
- PERES, M. L. et al. Idade de segregação do lenho juvenil e adulto pela variação da massa específica de açoita-cavalo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 9, p. 1596 - 1602, 2012.
- PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R. et al. **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003. cap. 1. p. 3-73.
- PULZ, F. A. et al. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta inequiana com a matriz de transição. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 1-14, 1999.
- QUIRINO, W. F. et al. Poder calorífico da madeira e materiais lignocelulósicos. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 89, p. 100-106, 2005.
- RIEGELHAUPT, E. M.; PAREYN, F. G.C. A questão energética. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília, Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 65-75.
- 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, p. 192-205, 2008
- SABINO, F. G. S.; CUNHA, M. C. L.; SANTANA, G. M. Estrutura da Vegetação em Dois Fragmentos de Caatinga Antropizada na Paraíba. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 487-497, 2016.
- SAMPAIO, E. V. S. B. Características e potencialidades. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília, Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 29-48.

SANQUETTA, C. R. Análise da estrutura vertical de florestas através do diagrama h-M. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 55-68, 1995.

SANTOS, F. L. A.; NASCIMENTO, F. R. Dinâmica hidroclimática do Planalto da Ibiapaba e sua depressão periférica circunjacente: estudo de caso nos municípios de Tianguá e Ubajara-Noroeste do Ceará. **Revista Ra'e Ga**, Curitiba, v. 39, p. 57-75, 2017.

SANTOS, M. G. et al. Caatinga, the Brazilian dry tropical forest: can it tolerate climate changes? **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, Gambier, v. 26, n. 1, p. 83-89, 2014.

SANTOS, R. C. et al. Influência das propriedades químicas e da relação siringil/guaiacil da madeira de eucalipto na produção de carvão vegetal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 657 - 669, 2016.

SANTOS, R. C. et al. Potencial energético da madeira de espécies oriundas de plano de manejo florestal no estado do Rio Grande do Norte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 491 - 502, 2013.

SANTOS, R. C. **Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto**. 2010. 173f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira), Universidade Federal de Lavras. Lavras.

SANTOS, W. S. et al. Caracterização florístico-fitosociológica do componente lenhoso em fragmento de caatinga no município de Upanema - RN. **Nativa**, Sinop, v. 5, n. 2, p. 85-91, 2017.

SCHILLING, A. C.; BATISTA, J. L. F. Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em Florestas Tropicais. **Revista brasileira de botânica**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 179-187, 2008.

SILVA, E. C. A.; LOPES, I. S.; SILVA, J. L. Composição florística de um fragmento de caatinga do município de Itapetim, Pernambuco. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 8, n. 4, p. 1-5, 2012.

SILVA, J. A. A. et al. Estimativa da suficiência amostral para avaliar intensidade de infestação da *Diatraea spp.* em cana-de-açúcar. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 32, n. 10, p. 1003-1007, 1997.

SILVA, K. E. et al. Padrões Espaciais de Espécies Arbóreas Tropicais. In: MARTINS, S. V. **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. 2. Ed. Viçosa: editora UFV, 2012. cap. 9, p. 326 - 354.

SM GESSO. **Polo gesso**. 2013. Disponível em: <<https://www.smgesso.com.br/polo-gesso/>>. Acesso em: 26 dez. 2018.

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

SOARES, C. P.; PAULA NETO, F. Determinação do tamanho da amostra em um inventário volumétrico e de biomassa de troncos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 44, n. 252, 1997.

SOARES, V. C. et al. Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 543 - 549, 2014.

SOUZA, M. M. et al. Estimativa de poder calorífico e caracterização para uso energético de resíduos da colheita e do processamento de *Pinus taeda*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 325 - 334, 2012.

SOUZA, P. F. et al. Estudos fitossociológicos e dendrométricos em um fragmento de Caatinga, São José de Espinharas-PB. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1317-1330, 2016.

TER BRAAK, C. J. F. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. **Vegetation**, v. 69, n. 1, p. 60-77, 1987.

TUCCI, C. E. M. Processos hidrológicos naturais e antrópicos. In: TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. Brasília: MMA, 2006. p. 15-91.

UBIALLI, J. A. et al. Comparação de métodos e processos de amostragem para estimar a área basal para grupos de espécies em uma floresta ecotonal da região norte matogrossense. **Acta amazônica**, Manaus, v. 39, n. 2, p. 305-314, 2009.

WATZLAWICK, L. F. et al. Estrutura, diversidade e distribuição espacial da vegetação arbórea na Floresta Ombrófila Mista em Sistema Faxinal, Rebouças (PR). **Ambiência Guarapuava**, Paraná, v. 7, n. 3, p. 415-427, 2011.

CAPÍTULO I
COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO LENHOSA EM ALTITUDES NO
SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

1 INTRODUÇÃO

A vegetação das regiões semiáridas é caracterizada pela ausência de folhas em grande parte do ano, mecanismo de sobrevivência ao clima seco com baixas precipitações e elevadas temperaturas. O aspecto seco associado ao clima rigoroso leva a interpretação equivocada de que essas regiões apresentam baixa variabilidade na estrutura e composição florística.

Dentro de uma pequena área geográfica pode ocorrer distintos fatores ambientais responsáveis pela formação de micro-habitats com diferentes estruturas e composições florísticas. As variações topográficas, por exemplo, mesmo em pequenas distâncias podem influenciar na distribuição pluviométrica, com níveis de precipitação variados em razão ao efeito orográfico que o obstáculo topográfico exerce, na granulometria e fertilidade do solo, exposição solar, entre outros (ARRUDA et al., 2015; HIGUCHI et al., 2016; NEVES et al., 2016; SANTOS e NASCIMENTO et al., 2017).

De acordo com Araújo et al. (2011), quando uma variável climática está associada a diferentes tipos de solos, a flora regional pode ser distribuída de forma descontínua, formando diferentes grupos de vegetação, cujos limites, ao longo de um gradiente topográfico, podem ser determinados por uma análise de composição florística.

A análise florística e fitossociológica de uma determinada região é extremamente eficaz no diagnóstico de possíveis variações ambientais, visto que, diferentes composições da vegetação podem indicar alterações climáticas, edáficas e/ou geográficas. A fitofisionomia é resultado de processos biológicos em combinação com fatores ambientais, podendo ser indicadora de climas particulares, regiões biogeográficas e altitudes. O conhecimento do sistema fitogeográfico permite analisar semelhanças com áreas adjacentes, podendo ser definidas peculiaridades determinantes para conservação biológica (AMJAD et al., 2016; SILVA et al. 2017).

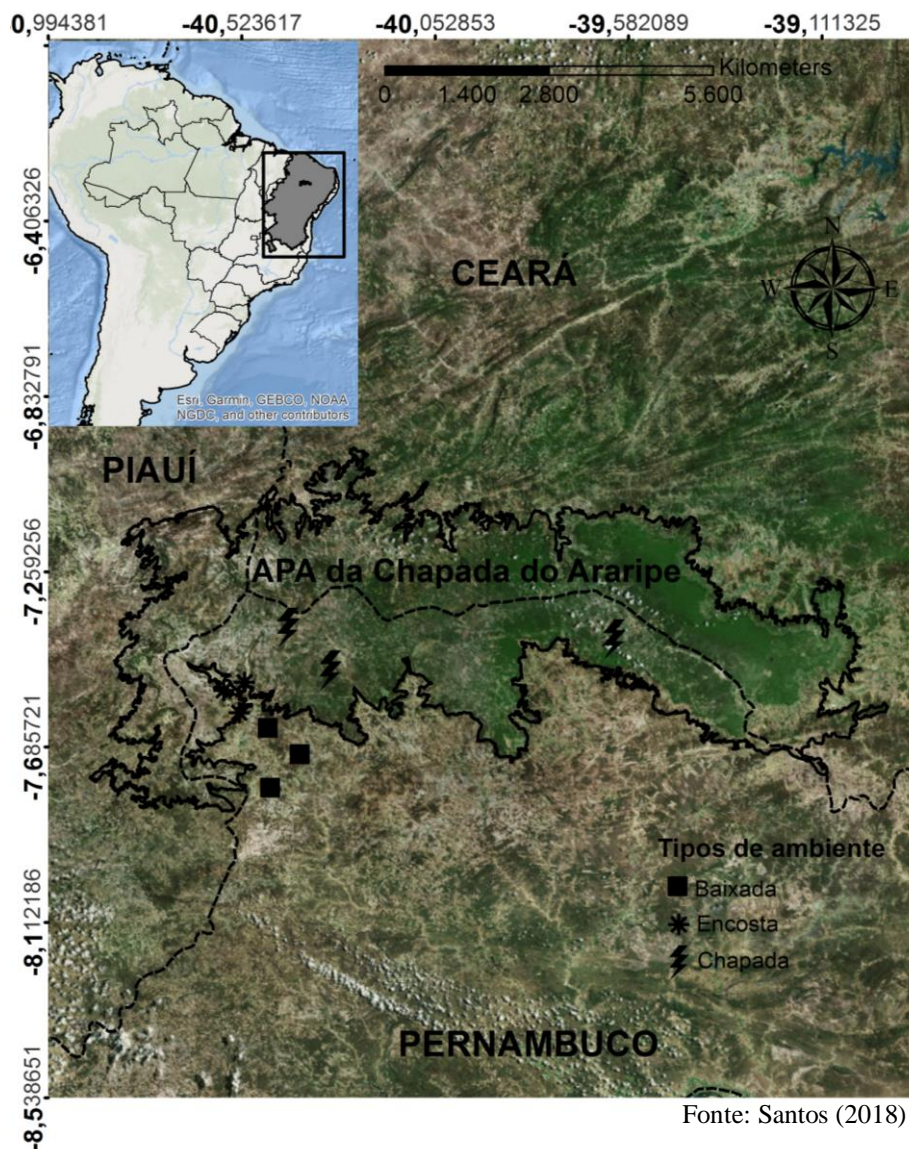
Estudos mais detalhados da composição e estrutura da vegetação podem gerar informações importantes para o manejo e conservação florestal da região, visto que fornecerão dados mais precisos para tomada de decisão, respeitando as características e diversidade do ambiente. Diante do exposto, o trabalho tem como principal objetivo analisar as variações na estrutura e composição da vegetação lenhosa adulta, em diferentes altitudes na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.

2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está situada na microrregião de Araripina, região do Polo Gesseiro do Araripe, APA da Chapada do Araripe, localizada no extremo oeste de Pernambuco, Brasil (Figura 1).

Figura 1. Localização das áreas de estudo na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.



A região do Polo Gesseiro do Araripe é composta pelos municípios de Araripina, Bodocó, Exu, Granito, Ipubi, Moreilândia, Ouricuri, Santa Cruz, Santa Filomena e Trindade. As altitudes variam entre 400 e 1100 m. O clima local é o BSh' segundo a classificação de Köppen (1948), caracterizado como clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude ou

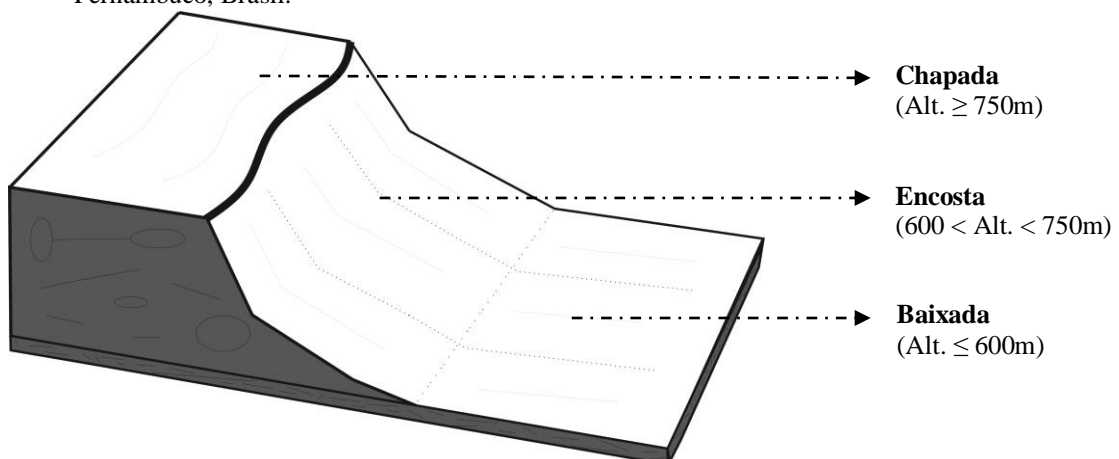
clima semiárido quente (ALVARES et al., 2013). Com precipitações baixas e irregulares em toda região, a estação seca se prolonga por 7 a 10 meses, com a estação chuvosa atrasada para o outono. A semiaridez é acentuada na parte mais baixa, onde os totais anuais precipitados variam entre 400 e 500 mm. Na região norte, correspondente à Chapada do Araripe, as precipitações aumentam, atingindo médias entre 700 e 1.000 mm. A temperatura média varia entre 24° e 26°C, e o mês mais frio atinge temperatura de 18°C (LOPES, 2005).

De acordo com o Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco, nessa região existem nove classes de solo: neossolo flúvico, cambissolo háplico, latossolo amarelo, luvisolo crômico, argissolo amarelo, argissolo solódico, argissolo vermelho-amarelo, neossolo litólico e vertissolos (EMBRAPA, 2004).

O Manual de técnico da vegetação brasileira proposto pelo IBGE (2012) classifica a formação vegetal da Caatinga como Savana Estépica. Dentro dessa formação existem algumas variações que estão diretamente ligadas a gradientes de altitudes. O Sertão do Araripe pernambucano, por exemplo, faz parte de três eco regiões: complexo Ibiapaba-Araripe, depressão sertaneja meridional e depressão sertaneja setentrional, apresentando três fisionomias florestais distintas (VELLOSO; SAMPAIO e PAREYN, 2002).

Para realização do estudo a região foi estratificada em três ambientes com diferentes níveis de altitude: baixada (altitude ≤ 600 m), encosta ($600 > \text{altitude} < 750$ m) e chapada (altitude ≥ 750 m) (Figura 2).

Figura 2. Croqui demonstrativo da estratificação de altitudes para amostragem florestal na Serra do Araripe, Pernambuco, Brasil.



Em cada ambiente foram selecionadas três áreas, tendo como principal critério o bom estado de conservação dos fragmentos de florestas nativas (Tabela 1).

Tabela 1. Estratificação de ambientes com localização, altitude, tipologia e caracterizações das áreas, na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.

Ambientes	Áreas	Município	Altitude (m)	Tipologia florestal	Características das áreas
BAIXADA	B1	Araripina	540	Caatinga Arbustivo-Arbórea	Área com mais de 100 anos de existência, com terreno plano, solo aparentemente argiloso e com cursos de água intermitente em seu interior.
	B2	Araripina	600	Caatinga Arbórea	Área com mais de 100 anos de existência, com terreno inclinado, solo aparentemente argiloso, próximo a reservatório de água e com vários cursos intermitentes em seu interior.
	B3	Araripina	546	Caatinga Arbustivo-Arbórea	Área que já sofreu corte raso, possuindo aproximadamente 25 anos de idade, terreno plano, solo raso e com afloramentos rochosos.
ENCOSTA	E1	Araripina	664	Transição Caatinga-Carrasco	Área com mais de 100 anos de idade, com terreno levemente inclinado, solo arenoso e cursos de água intermitente em seu interior. Próxima a reservatório de água.
	E2	Araripina	670	Transição Caatinga-Carrasco	Área com mais de 100 anos de existência, vegetação com transição estrutural dentro do fragmento, terreno plano e solo arenoso.
	E3	Araripina	715	Transição Caatinga-Carrasco	Área com mais de 100 anos de idade, bastante inclinada, solo aparentemente raso e com afloramento rochoso.
CHAPADA	C1	Araripina	847	Carrasco	Área com mais de 100 anos de idade, com terreno plano e solo arenoso.
	C2	Ipubi	801	Transição Carrasco-Mata Úmida	Área com mais de 100 anos de idade, com transição estrutural dentro do fragmento, terreno plano e solo arenoso.
	C3	Exu	951	Mata Úmida	Área com mais de 100 anos de existência, com terreno plano, solo arenoso e próximas a nascentes e corpos d'água.

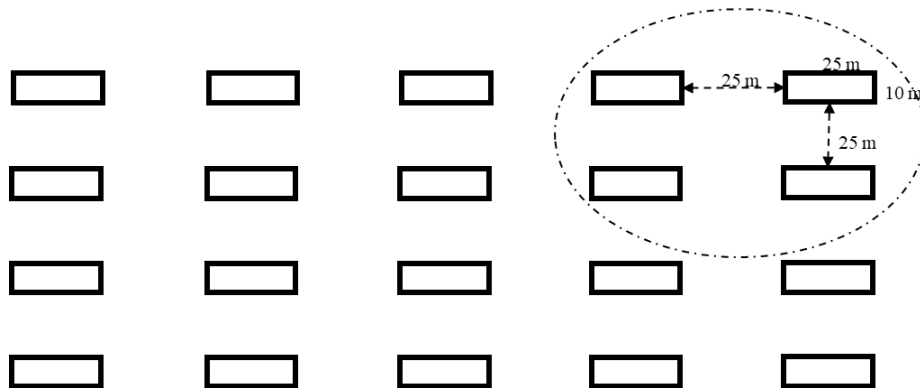
A classificação da tipologia dos fragmentos foi realizada por observação em campo e adaptações ao Diagnóstico Florestal da Região do Araripe realizado pelo Ministério do Meio Ambiente (2007), sendo:

- Caatinga arbustiva-arbórea: vegetação caducifólia de porte médio, com áreas densas e esparsas, que apesar da ocorrência de muitas espécies arbustivas, apresenta estrato superior de altura com árvores emergentes, cujas copas chegam a se tocar;
- Caatinga arbórea: vegetação caducifólia, com perda de folhas de forma mais lenta e porte mais elevado, estratos sociológicos mais definidos e predominância de árvores emergentes, cujas as copas se cruzam fechando o dossel;
- Carrasco: vegetação caducifólia de pequeno porte com características próprias, com presença de muitas lianas que dificultam a caminhada em seu interior, são encontradas na parte superior da chapada, em regiões mais secas e com solos arenosos;
- Mata úmida, vegetação perenifólia de porte elevado, com estratos sociológicos bem definidos e localizada nas áreas úmidas da parte superior da chapada, na face noroeste.

2.2 COLETA DE DADOS

Para a amostragem foram distribuídas 180 unidades amostrais retangulares, com dimensões de 10x25 m (250 m² cada), somando uma área amostral de 4,5 ha, sendo 1,5 ha por ambiente. Foi adotado o arranjo amostral sistemático, estando as parcelas equidistantes em 25 m uma das outras (Figura 3).

Figura 3. Croqui demonstrativo da distribuição das unidades amostrais por fragmento.



Dentro das parcelas, foram mensuradas, com o auxílio de uma fita métrica, as circunferências à altura do peito dos indivíduos, com nível de inclusão maior ou igual a 10 cm (CAP 1,30 m do solo \geq 10 cm), e estimadas as alturas dos indivíduos com auxílio de módulos de tesouras de alta poda de 2,0 m cada. Os indivíduos mensurados receberam placas de alumínio (5x5 cm) com uma numeração progressiva, usando-se pregos para fixação dessas placas.

2.3 IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES

Em campo, com o auxílio de um mateiro da região, foram realizadas coletas e triagens do material botânico. A identificação ocorreu por meio de comparação com exsiccatas depositadas no Herbário Sérgio Tavares (HST) do Departamento de Ciência Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DCFL/UFRPE). Todo material fértil foi incorporado a coleção do HST e sempre que possível, enviados à especialistas para confirmação da identificação. Foi adotada a classificação taxonômica do sistema de classificação de APG IV (2016) (*Angiosperm Phylogeny Group*). A correção da grafia e as autorias dos nomes científicos das espécies foram feitas pelo site *Trópicos* (<http://www.tropicos.com>).

2.4 ANALISE DE DADOS

2.4.1 Suficiência Amostral

Foi avaliada para números de indivíduos, fustes, espécies, e médias de diâmetros e alturas, por fragmento e nível de altitude.

A confiabilidade estatística dos dados foi verificada pelo cálculo do Erro Amostral (Ea), com 95% de probabilidade, que por se tratar de florestas nativas tropicais, com elevada heterogeneidade, foi adotado até 20% como erro admissível, conforme Soares, Paula Neto e Souza (2011) (Fórmula: Apêndice 1).

2.4.2 Composição Florística

Para apresentação da composição florística das áreas, foi construída uma tabela contendo famílias, gêneros, espécies e nomes vulgares de todos os indivíduos amostrados de cada área, conforme o sistema de classificação APG IV (2016).

2.4.2.1 Similaridade

A similaridade florística para famílias e espécies entre as comunidades foi verificada pela análise de dendrogramas elaborados sob duas perspectivas: presença e ausência, pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando os índices de similaridade de Jacard (SJi) e Sorensen (SOi); e, considerando a abundância de indivíduos, pelo método de agrupamento UPGMA e o índice de similaridade de Morisita-Horn (CHi).

Foi utilizado a correlação cofenética para verificar se o método de agrupamento foi satisfatório, se houve um bom grau de ajuste entre a matriz de similaridade com a matriz resultante da simplificação. Para as análises foi utilizado o software Fitopac 2.1 (SHEPHERD, 2010).

A determinação do ponto de corte dos dendrogramas para definição de grupos foi realizada conforme o método proposto por Mojena (1977) (Fórmula: Apêndice 1).

2.4.2.2 Riqueza de espécies

A riqueza florística das áreas foi avaliada pelas estimativas dos índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') (MÜELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974) e equabilidade de Pielou (J) (PIELOU, 1975) (Fórmula: Apêndice 1).

A comparação de riqueza entre comunidades foi realizada segundo dois véis: surgimento de novas espécies, pelas curvas de rarefação, com intervalos de confiança com 95% de confiabilidade, com 1000 randomização, utilizando o software EstimateS 9.1.0 (COLWELL, 2013); E, considerando a densidade de indivíduos por espécies, pelo teste *t*, buscando verificar possíveis semelhanças no padrão de distribuição dos índices de Shannon (H') pelo software Past 3.2 (HAMMER; HARPER e RYAN, 2001).

2.4.2.3 Síndrome de dispersão

A classificação das síndromes de dispersão seguiu a proposta por Pijl (1982), sendo as espécies classificadas em anemocóricas (ANE), autocóricas (AUT) e zoocóricas (ZOO).

Para tanto, foram realizadas observações das características morfológicas dos propágulos coletados nos materiais botânicos férteis e consulta a literatura, em que: anemocóricas, apresentam estruturas que facilitam a dispersão pelo vento, com alas, plumas ou pelos; autocóricas, com mecanismos próprios para o lançamento dos diásporos, com liberação por gravidade e deiscência explosiva; e zoocóricas, com características relacionadas à dispersão por animais, em geral seus diásporos são carnosos, com bagas e drupas, ou suas sementes apresentam apêndices carnosos.

A avaliação foi realizada para níveis de altitudes e fragmentos florestais, sendo considerado espécies e indivíduos lenhosos.

2.4.3 Estrutura Fitossociológica

2.4.3.1 Estrutura Horizontal

Para avaliar a estrutura horizontal de comunidades e populações, foram estimados os parâmetros fitossociológicos de densidade absoluta e relativa (DA e DR), frequência absoluta e relativa (FA e FR), dominância absoluta e relativa (DoA e DoR), valor de importância e valor de cobertura (VI e VC), conforme Mueller-Dombois e Elleberg (1974). A distribuição espacial das populações de espécies lenhosas foi analisada segundo o índice de agregação de McGuinness (1934) (Fórmulas: Apêndice 1).

Também foi verificada a distribuição diamétrica das comunidades, representada por histogramas construídos por agrupamentos dos fustes de indivíduos lenhosos em classes de diâmetros (com intervalos de 5 cm).

Para os cálculos de dominância das áreas foram consideradas todas as ramificações de fustes dos indivíduos com $CAP \geq 10$ cm. Já para DA, as ramificações foram desconsideradas, sendo analisadas separadamente.

2.4.3.2 Estrutura Vertical

A análise da estrutura vertical foi realizada pelo estudo da posição sociológica, conforme Schneider (2008), em que são considerados três estratos: superior, intermediário e inferior, sendo o estrato superior composto por árvores que apresentam altura total (HT) superior à média aritmética das alturas (H) de todas as árvores medidas, mais o desvio padrão (σ); Estrato médio, composto pelas árvores cuja altura total estiverem compreendidas entre a média aritmética menos o desvio padrão e a média aritmética mais o desvio padrão; e estrato inferior composto pelas árvores com altura total inferior à altura média menos o desvio padrão.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Por se tratar de amostragem florestal, onde não se tem controle de fatores externos (ambientais e/ou antrópicos), as variações estruturais entre comunidades e populações foram analisadas pelo cálculo dos intervalos de confiança (I.C.), com 95% de probabilidade (Fórmula: Apêndice 1).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 SUFICIÊNCIA AMOSTRAL

Para todas as áreas e níveis de altitudes, as variáveis analisadas apresentaram erros amostrais (Ea) abaixo do admissível, podendo ser utilizadas com confiança estatística de 95% de probabilidade (Tabela 2).

Tabela 2. Suficiência amostral para as variáveis número de indivíduos, número de fustes, número de espécies, médias de diâmetros e médias de alturas, para nove fragmentos em três níveis de altitude na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.

VARIÁVEIS		ÁREAS DE ESTUDO											
		B1	B2	B3	B	E1	E2	E3	E	C1	C2	C3	C
Nº de indivíduos	Nº de indivíduos	436	1068	553	2.057	1032	844	657	2.533	644	707	1046	2.397
	Média	22	53	28	34	52	42	33	42	32	35	52	40
	E.a. (%)	12	10	16	12	10	17	11	9	14	15	13	10
Nº de fustes	Nº de fustes	599	1346	862	2.807	1530	1156	1013	3.699	1296	1077	1467	3.840
	Média	30	67	43	47	76	58	51	62	65	54	73	64
	E.a. (%)	13	10	18	11	10	15	12	8	19	14	12	9
Nº de espécies	Nº de espécies	35	51	27	66	43	28	30	65	27	41	40	83
	Média	8	16	7	10	11	8	9	9	8	12	13	11
	E.a. (%)	13	11	13	12	11	14	11	8	14	12	8	8
Média de diâmetros	Média (cm)	7,2	6,5	5,9	6,5	5,7	5,3	5,5	5,5	4,7	5,8	6,7	5,7
	E.a. (%)	11	6	7	5	4	7	5	3	4	5	5	4
	Média (m)	5,5	6,7	6,2	6,1	5,7	6,2	5,5	5,8	4,1	6,0	6,2	5,4
Média de alturas	E.a. (%)	4	8	4	6	7	3	7	3	4	8	6	6

Sendo: B, ambiente baixada, com altitudes de até 600 m; B1, B2 e B3, fragmentos florestais do ambiente baixada; E, ambiente encosta, com altitudes variando de 600 a 750 m; E1, E2 e E3, fragmentos florestais do ambiente encosta; C, ambiente chapada, com altitudes iguais ou superiores a 750 m; e C1, C2 e C3, fragmentos florestais do ambiente chapada.

3.2 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA

Foram amostrados 6.987 indivíduos e 10.346 fustes, distribuídos em 35 famílias botânica, 82 gêneros e 153 espécies. 16 foram identificadas em nível de gênero, 12 de família e 14 indeterminadas. Foram registrados: em F1, 436 indivíduos, 16 famílias, 30 gêneros e 35 espécies; F2, 1.068 indivíduos, 24 famílias, 42 gêneros e 51 espécies; F3, 553 indivíduos, 14 famílias, 23 gêneros e 27 espécies; F4, 1.032 indivíduos, 15 famílias, 31 gêneros e 43 espécies; F5, 844 indivíduos, 11 famílias, 22 gêneros e 28 espécies; F6, 657 indivíduos, 13 famílias, 23 gêneros e 30 espécies; F7, 644 indivíduos, 14 famílias, 22 gêneros e 27 espécies; F8, 707 indivíduos, 16 famílias, 28 gêneros e 41 espécies; e F9, 1.046 indivíduos, 23 famílias, 30 gêneros e 40 espécies (Tabela 3).

Tabela 3. Composição florística das espécies lenhosas nativas (CAP ≥ 10 cm) em três estratos de altitude na região do Araripe, Pernambuco, Brasil. Sendo: Registro HST/UFRPE, número de depósito da exsicata fértil no Herbário Sérgio Tavares da Universidade Federal Rural de Pernambuco; B1, B2 e B3, fragmentos florestais encontrados no ambiente baixada (altitude ≤ 600 m); E1, E2 e E3, fragmentos florestais localizados no ambiente encosta (600 > altitude < 750 m); e C1, C2 e C3, fragmentos do ambiente chapada (altitude ≥ 750 m).

FAMÍLIA/NOME CIÊNTIFICO	CÓDIGO HST/UFRPE	NOME COMUM	SD	NÚMERO DE INDIVÍDUOS									
				B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3	Total
ANACARDIACEAE				12	36	74	8	66	-	-	1	1	198
<i>Anacardium</i> sp.		Cajueiro	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão		Aroeira	ANE	10	26	27	5	-	-	-	-	-	68
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	21705	Baraúna	ANE	2	10	47	3	66	-	-	1	-	129
ANNONACEAE				17	29	9	9	8	4	53	11	24	164
<i>Annona leptopetala</i> (R.E. Fr.) H. Rainer		Bananinha	ZOO	17	29	9	9	8	4	52	11	-	139
<i>Xylopia laevigata</i> (Mart.) R.E. Fr.	21935	Cundurú	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	24	24
Annonaceae 1	21972		SC	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
APOCYNACEAE				20	112	-	2	-	10	1	-	-	145
<i>Aspidosperma cuspa</i> (Kunth) S.F. Blake ex Pittier		Pereiro branco	ANE	-	86	-	-	-	-	-	-	-	86
<i>Aspidosperma multiflorum</i> A. DC.		Piquiá	ANE	-	-	-	1	-	1	-	-	-	2
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	21697	Pereiro preto	ANE	20	26	-	1	-	9	1	-	-	57
ARALIACEAE				-	44	-	-	-	-	-	-	-	44
<i>Aralia warmingiana</i> (Marchal) J. Wen		Cajaramaçú	ZOO	-	44	-	-	-	-	-	-	-	44
BIGNONIACEAE				-	9	-	18	10	-	8	10	-	55
<i>Godmania dardanoi</i> (J.C. Gomes) A.H. Gentry		Taipó	ANE	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A. DC.) Mattos	21977	Taipóca	ANE	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos		Ipê	ANE	-	9	-	18	1	-	-	1	-	29
<i>Jacaranda jasminoides</i> (Thunb.) Sandwith	21974	Chifre de carneiro	ANE	-	-	-	-	6	-	8	8	-	22
BORAGINACEAE				-	4	1	42	2	-	-	-	-	30
<i>Cordia bicolor</i> A. DC.		Gargauba	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	30	30
<i>Cordia rufescens</i> A. DC.	21950	Grão de galo	ZOO	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	22484	Frei Jorge	ZOO	-	4	1	42	-	-	-	-	-	47
BURSERACEAE				14	11	6	-	-	-	-	-	-	31
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett	21942	Imburana de cambão	ZOO	14	11	6	-	-	-	-	-	-	31
CAPPARACEAE				1	4	25	55	141	7	-	-	-	233
<i>Colicodendron yco</i> Mart.	21689	Incó	ZOO	-	1	1	4	2	2	-	-	-	10

Continua ...

Tabela 3, continuação.

FAMÍLIA/NOME CIÊNTIFICO	CÓDIGO HST/UFRPE	NOME COMUM	SD	NÚMERO DE INDIVÍDUOS												
				B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3	Total			
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl.	21691	Feijão bravo	ZOO	1	3	24	51	139	5	-	-	-	-	-	-	223
CARICACEAE				1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Jacaratia corumbensis</i> Kuntze		Mamãozinho	ZOO	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
CHRYSOBALANACEAE				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	11
<i>Hirtella racemosa</i> Lam.	22533	Madeira branca	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	11	
COMBRETACEAE				5	5	29	217	152	66	2	29	-	-	-	-	505
<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.		Sipaúba	ANE	3	5	-	175	152	66	2	29	-	-	-	-	432
<i>Combretum leprosum</i> Mart.		Sipaúba	ANE	-	-	-	42	-	-	-	-	-	-	-	-	42
<i>Combretum monetaria</i> Mart.	22499		ANE	2	-	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31
ERYTHROXYLACEAE				2	-	-	11	-	-	-	1	59	3	-	-	76
<i>Erythroxylum amplifolium</i> Baill.			ZOO	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Erythroxylum barbatum</i> O.E. Schulz			ZOO	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	6
<i>Erythroxylum caatingae</i> Plowman	21957	Rasga Gibão	ZOO	-	-	-	3	-	-	1	59	3	-	-	-	66
<i>Erythroxylum nummularia</i> Peyr.			ZOO	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
EUPHORBIACEAE				195	225	142	279	4	186	118	86	4	-	-	-	1239
<i>Cnidoscolus bahianus</i> (Ule) Pax & K. Hoffm.	21940	Faveleiro	AUT	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	21952	Marmeleiro preto	AUT	152	88	133	260	-	-	-	-	-	-	-	-	633
<i>Croton limae</i> A.P.S. Gomes, M.F. Sales & P.E. Berry	21966	Marmeleiro branco	AUT	-	-	-	17	2	158	118	85	-	-	-	-	380
<i>Croton nepetifolius</i> Baill.		Quebra faca preta	AUT	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Croton</i> sp.	21938	Quebra faca	AUT	20	112	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	133
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.		Pinhão bravo	AUT	8	6	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
<i>Manihot carthagenensis</i> (Jacq.) Müll. Arg.	21946	Maniçoba	AUT	4	9	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	14
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	21934		AUT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	4
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong		Burra leiteira	AUT	4	9	5	1	2	-	-	-	-	-	-	-	21
<i>Sebastiania brevifolia</i> (Müll.Arg.) Müll.Arg.	21961		AUT	-	-	-	-	-	28	-	-	-	-	-	-	28
FABACEAE				147	323	235	222	442	275	66	201	104	-	-	-	2015
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm.		Imburana de cheiro	ANE	6	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	21936	Angico de caroço	AUT	4	14	24	2	-	-	-	-	-	-	-	-	44
<i>Bauhinia acuruana</i> Moric.	21962	Mororó da serra	AUT	-	-	-	-	-	40	2	38	-	-	-	-	80
<i>Bauhinia subclavata</i> Benth.	21937	Mororó	AUT	8	17	7	2	9	2	-	6	-	-	-	-	51

Continua

Tabela 3, continuação.

FAMÍLIA/NOME CIÊNTIFICO	CÓDIGO HST/UFRPE	NOME COMUM	SD	NÚMERO DE INDIVÍDUOS									
				B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3	Total
<i>Chloroleucon foliolosum</i> (Benth.) G.P. Lewis		Arapiraca	ZOO	-	6	1	1	38	-	-	2	-	48
<i>Copaifera coriacea</i> Mart.		Podoio	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4
<i>Dalbergia cearensis</i> Ducke		Violete do sertão	ANE	-	-	-	2	-	-	-	23	-	25
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton		Violete da serra	ANE	-	11	-	133	1	22	-	-	-	167
<i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul.	21707	Faveira	AUT	-	-	-	-	-	-	-	-	13	13
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	21941	Mulungu	AUT	5	-	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	21983	Jatobá	AUT	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz		Jucá	AUT	-	1	-	1	-	-	-	-	-	2
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.		Sábua	AUT	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Mimosa</i> sp.1		Columbi branco	AUT	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
<i>Mimosa</i> sp.2		Jurema preta	AUT	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
<i>Mimosa</i> sp.3		Rama de boi branca	AUT	-	-	-	-	-	39	-	-	-	39
<i>Mimosa</i> sp.4		Jurema unha de gato	AUT	-	-	-	8	-	1	1	-	-	10
<i>Mimosa</i> sp.5		Jurema lambe beíço	AUT	1	-	1	-	-	-	-	-	-	2
<i>Parapiptadenia zehntneri</i> (Harms) M.P. Lima & H.C. Lima		Angico branco	ANE	24	95	-	-	-	-	-	-	-	119
<i>Parkia platycephala</i> Benth.	21696	Visgueiro	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	49	49
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke		Rama de boi	AUT	-	-	-	-	31	2	-	-	-	33
<i>Piptadenia viridiflora</i> (Kunth) Benth.	21940	Jurema branca	AUT	15	24	17	44	99	-	9	-	-	208
<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R. W. Jobson		Tipé	AUT	-	-	-	1	-	126	-	-	-	127
<i>Poeppegia procera</i> C. Presl	22482	Sucupira/Cabo de inchó/Coronheiro	ZOO	-	-	-	-	-	-	3	12	17	32
<i>Poincianella gardneriana</i> (Benth.) L.P. Queiroz	21698	Catingueira	AUT	81	89	183	-	-	-	-	-	-	353
<i>Senegalia bahiensis</i> (Benth.) Seigler & Ebinger		rama de boi	AUT	1	4	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>Senegalia langsdorffii</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	21778	Jiquirí	AUT	-	-	-	2	19	40	25	34	-	120
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	21779	Espinheiro preto	AUT	-	2	-	24	139	-	-	38	-	203
<i>Senna cearensis</i> Afr. Fern.	21958	Canafístula de bezerro	AUT	-	-	-	-	-	-	2	1	-	3
<i>Senna</i> sp.		Canafístula	AUT	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2
<i>Senna splendida</i> (Vogel) H.S. Irwin & Barneby	21701	Canafístula de bode	AUT	1	-	-	1	1	-	-	-	-	3
<i>Stryphnodendron</i> sp.		Angelim	AUT	-	-	-	-	-	-	-	27	-	27
<i>Swartzia psilonema</i> Harms	21702	Jacarandá/Banheira	ZOO	-	-	-	-	102	1	24	2	20	149
Fabaceae 1		Espinheiro	SC	-	-	1	-	1	-	-	-	-	2

Continua ...

Tabela 3, continuação.

FAMÍLIA/NOME CIÊNTIFICO	CÓDIGO HST/UFRPE	NOME COMUM	SD	NÚMERO DE INDIVÍDUOS											
				B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3	Total		
Fabaceae 2		Podóio	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	11	
Fabaceae 3		Goiabinha	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	7	
Fabaceae 4		Goiabinha	SC	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	
HYPERICACEAE				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy		Murici	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5
LAURACEAE				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	251	251
<i>Ocotea sp.</i>	22534	Louro de cheiro	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	48
<i>Ocotea nitida</i> (Meisn.) Rohwer	21699	Louro branco	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	176	176
Lauraceae 1	22495	Louro branco	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	27
MALPIGHIACEAE				-	-	-	-	-	-	12	13	33	85	143	
<i>Byrsonima gardneriana</i> A. Juss.	21979	Murici	ZOO	-	-	-	-	-	12	13	32	-	-	57	
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	21775	Murici	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	
<i>Byrsonima vacciniifolia</i> A.Juss.	21709	Murici	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	1	82	83	
MALVACEAE				1	23	-	2	-	-	-	-	-	-	-	26
<i>Ceiba glaziovii</i> (Kuntze) K. Schum.		Barriguda	ANE	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Helicteres baruensis</i> Jacq.	21965	Guaxumba	AUT	-	4	-	1	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>Pseudobombax marginatum</i> (A. St.-Hil., Juss. & Cambess.) A. Robyns	22491	Embiratanha	ANE	1	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19
MELASTOMATACEAE				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	13
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	21773		ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	13
MELIACEAE				-	10	-	-	-	3	1	67	-	-	-	81
<i>Cedrela odorata</i> L.		Cedro	ANE	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.		Maria Preta	ZOO	-	-	-	-	-	-	1	51	-	-	52	
<i>Trichilia emarginata</i> (Turcz.) C. DC.	22494	Batinga branca	ZOO	-	-	-	-	-	3	-	16	-	-	19	
MORACEAE				-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul		Ininharé	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	
MYRTACEAE				5	14	10	123	12	20	21	27	19	251		
<i>Algrizea minor</i> Sobral, Faria & Proença	21981	Batinga/Murta	ZOO	-	-	-	-	-	7	-	13	-	-	20	
<i>Campomanesia sp. 1</i>		Cascudo	ZOO	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
<i>Campomanesia sp. 2</i>	21968	Guabiraba	ZOO	-	-	-	-	4	11	12	-	-	-	27	
<i>Eugenia flavescens</i> DC.	21976	Murta	ZOO	-	-	-	-	-	1	2	1	-	-	4	

Continua ...

Tabela 3, continuação.

FAMÍLIA/NOME CIÊNTIFICO	CÓDIGO HST/UFRPE	NOME COMUM	SD	NÚMERO DE INDIVÍDUOS										
				B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3	Total	
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	21986		ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Eugenia stictopetala</i> DC.	21973		ZOO	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
<i>Eugenia tapacumensis</i> O. Berg		Batinga preta	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	4
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	21700	Pimentinha do sertão	ZOO	-	-	-	113	6	-	-	-	9	1	129
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.			ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	12
<i>Psidium brownianum</i> DC.	21980	Goiabinha	ZOO	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	11
<i>Psidium</i> sp.			ZOO	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	10
Myrtaceae 1		Goiabinha	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5
Myrtaceae 2		Canela de velho	SC	-	1	-	8	2	1	6	-	-	-	18
Myrtaceae 3		Murta	SC	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
Myrtaceae 4		Murta	SC	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
NYCTAGINACEAE				1	20	3	13	5	62	155	25	37	321	
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	21776	Pau piranha	ZOO	1	20	3	13	5	62	155	25	37	321	
OCHNACEAE				-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	70
<i>Ouratea parviflora</i> (A.DC.) Baill.	21708	Cascudo	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	70
PROTEACEAE				-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	24
<i>Roupala montana</i> Aubl.		Congonha	ANE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	24
RHAMNACEAE				-	1	2	-	-	1	4	-	-	3	11
<i>Colubrina cordifolia</i> Reissek	21959	João vermelho/Lagarteiro	AUT	-	-	-	-	-	1	4	-	-	3	8
<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	21949	Juazeiro	ZOO	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	3
RUBIACEAE				3	106	-	-	-	-	-	-	1	1	111
<i>Coutarea alba</i> Griseb.	22490	Quina-quina	ANE	-	99	-	-	-	-	-	-	-	-	99
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltl.) K. Schum.		Murta/araçá	ZOO	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	7
<i>Tocoyena</i> sp.		Jenipapo	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Rubiaceae 1			SC	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Rubiaceae 2			SC	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Rubiaceae 3			SC	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
RUTACEAE				-	16	4	26	2	1	190	122	6	367	
<i>Balfourodendron molle</i> (Miq.) Pirani		Batinga	ZOO	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	11
<i>Metrodorea mollis</i> Taub.	22286	Cundurú	ZOO	-	-	-	-	-	-	116	58	-	-	174

Continua ...

Tabela 3, continuação.

FAMÍLIA/NOME CIÊNTIFICO	CÓDIGO HST/UFRPE	NOME COMUM	SD	NÚMERO DE INDIVÍDUOS									
				B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3	Total
<i>Pilocarpus spicatus</i> subsp. <i>aracatensis</i> Kaastra	22485	Pimentinha da serra	ZOO	-	-	-	23	-	1	56	58	-	138
<i>Zanthoxylum gardneri</i> Engl.	21704	Laranjinha	ZOO	-	5	4	2	-	-	-	6	6	23
<i>Zanthoxylum hamadryadicum</i> Pirani	21970	Laranjinha	ZOO	-	-	-	-	1	-	18	-	-	19
<i>Zanthoxylum petiolare</i> A. St.-Hil. & Tul.	21954	Laranjinha	ZOO	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
<i>Zanthoxylum</i> sp.		Laranjinha	ZOO	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
SALICACEAE				20	85	18	6	-	-	-	29	476	634
<i>Casearia commersoniana</i> Cambess.	21703	Café bravo	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	62	62
<i>Casearia cordillerana</i> Cuatrec.			ZOO	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
<i>Casearia grandiflora</i> Cambess.	21695	Sombrião/Chapéu do sol	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	64	64
<i>Casearia silvestris</i> Sw.		Pau branco	ZOO	2	1	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Casearia</i> sp.1	22497	Murta bala de revolver	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	15	-	15
<i>Casearia</i> sp.2	21975		ZOO	-	-	-	-	-	-	-	4	-	4
<i>Casearia</i> sp.3	22498	Rompe Gibão	ZOO	-	21	-	-	-	-	-	-	-	21
<i>Xylosma prockia</i> (Turcz.) Turcz.	21982	pau amarelo	ZOO	2	23	4	3	-	-	-	-	-	32
SAPINDACEAE				8	20	7	1	-	-	-	5	175	216
<i>Allophylus quercifolius</i> Radlk.		Cascudo da serra/Cavalete	ZOO	8	20	7	1	-	-	-	5	-	41
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	21710	Pitomba brava	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	175	175
SAPOTACEAE				-	-	-	-	-	-	-	-	5	5
<i>Chrysophyllum arenarium</i> Allemão	21984	Mosqueteira	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5
SIMAROUBACEAE				-	-	-	-	-	-	-	-	12	12
<i>Simarouba amara</i> Aubl.		Craíba	ZOO	-	-	-	-	-	-	-	-	12	12
SOLANACEAE				-	2	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Solanum americanum</i> Mill.	21947	Catinga branca	ZOO	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2
VOCHYSIACEAE				-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
<i>Callisthene microphylla</i> Warm.			SC	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
XIMENIACEAE				-	1	-	-	-	-	-	-	1	2
<i>Ximenia americana</i> L.		Ameixa	ZOO	-	1	-	-	-	-	-	-	1	2
INDETERMINADAS				-	7	2	-	-	9	11	10	36	75
Indeterminada 1		Amargoso	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	18	18
Indeterminada 2			SC	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1

Continua ...

Tabela 3, continuação.

FAMÍLIA/NOME CIÊNTIFICO	CÓDIGO HST/UFRPE	NOME COMUM	SD	NÚMERO DE INDIVÍDUOS										
				B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3	Total	
Indeterminada 3			SC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Indeterminada 4			SC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Indeterminada 5			SC	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Indeterminada 6			SC	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	8
Indeterminada 7			SC	-	3	-	-	-	-	1	-	-	-	4
Indeterminada 8			SC	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Indeterminada 9			SC	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Indeterminada 10			SC	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	5
Indeterminada 11		Cascudo branco	SC	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Indeterminada 12		Cascudo da folha fina	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	15
Indeterminada 13		Cundurú	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Indeterminada 14		Grajáu	SC	-	-	-	-	-	-	-	10	4	-	14
Total Geral				436	1068	553	1032	844	657	644	707	1046	6987	

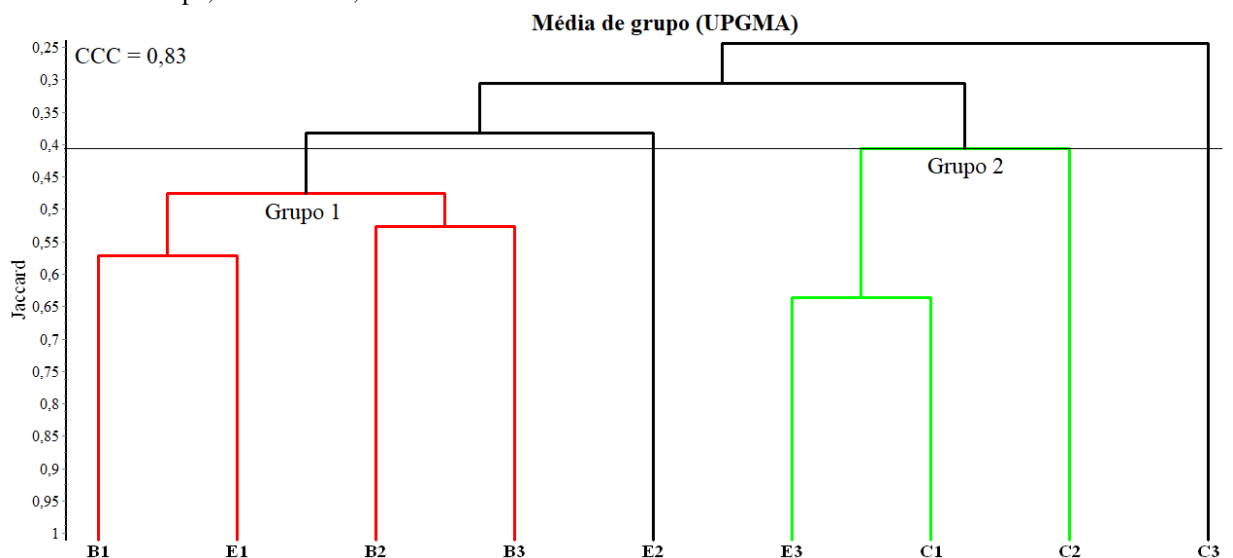
3.2.1 Famílias Botânicas

Na região, as famílias que apresentaram maior riqueza botânica foram: Fabaceae, com 37 espécies, Myrtaceae, com 15, Euphorbiaceae, com 10, Rutaceae, com sete, Rubiaceae e Salicaceae, com seis. Essas famílias abrigam aproximadamente, 53% da riqueza de espécies da região. Sendo: Rubiaceae e Euphorbiaceae com maior riqueza em altitudes de até 600 m (baixada); Myrtaceae, no intervalo de 600 a 750 m (encosta); Rutaceae, em altitudes superiores a 600 m (encosta e chapada); e Fabaceae e Salicaceae se destacando nas três faixas de altitudes (baixada, encosta e chapada).

Das 35 famílias, 16 são encontradas nos três ambientes, duas ocorrem exclusivamente na baixada-encosta, duas na baixada-chapada e uma na encosta-chapada. A chapada apresentou nove famílias ocorrendo de forma exclusiva.

A análise de agrupamento para famílias pelo índice de Jacard, com ponto de corte de 0,41 evidenciou a formação de dois grupos (Figura 4).

Figura 4. Dendrograma de agrupamento pelo método de grupo (UPGMA), com base no coeficiente de Jacard e na variável família botânica, para os fragmentos distribuídos em três estratos de altitude na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.



Sendo: CCC, coeficiente de correlação cofenética; B1, B2 e B3, fragmentos do ambiente baixada (Altitudes \leq 600m); E1, E2 e E3, fragmentos do ambiente encosta ($600 <$ Altitudes $<$ 750m); e, C1, C2 e C3, fragmentos do ambiente chapada (Altitudes \geq 750m).

O maior grupo, com similaridade de 47%, é formado pelos fragmentos B1, B2, B3 e E1, áreas com altitudes de até 680 m, que compartilham 10 famílias botânicas (Anacardiaceae, Annonaceae, Capparaceae, Combretaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Myrtaceae, Nyctaginaceae, Salicaceae e Sapindaceae). O fragmento E2, com altitude de 664

m, apesar de não pertencer ao grupo 1, apresentou aproximadamente 37% de similaridade com este, com ausência apenas de Salicaceae e Sapindaceae.

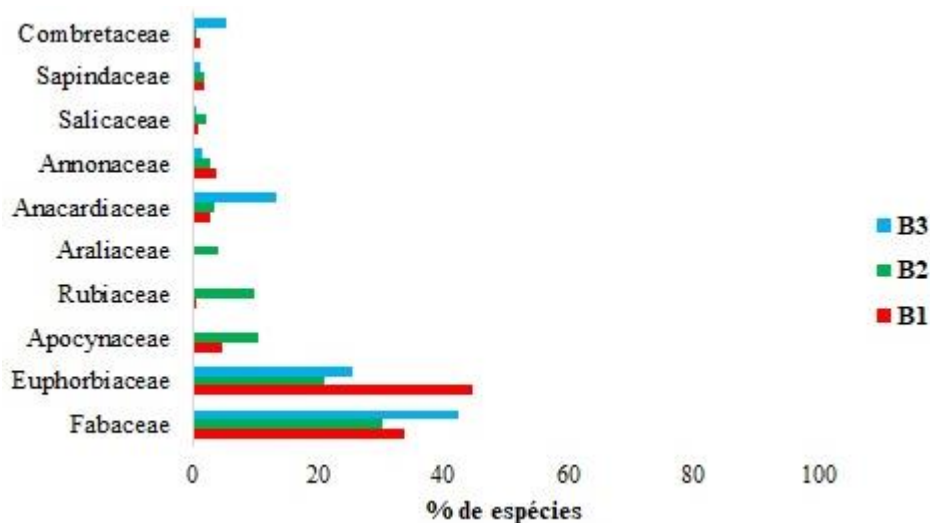
O segundo grupo, com similaridade de 41%, composto pelos fragmentos E3, C1 e C2, áreas com altitudes superiores a 700 m e localizadas em regiões semiáridas, apresentaram sete famílias compartilhadas (Annonaceae, Combretaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Myrtaceae, Nyctaginaceae e Rutaceae).

Já C3, área com maior altitude (951 m) e mais úmida, apresentou baixa similaridade (30%) com os demais fragmentos, possuindo oito famílias com ocorrência exclusiva (Hypericaceae, Lauraceae, Melastomataceae, Ochnaceae, Proteaceae, Simaroubaceae, Chrysobalanaceae e Sapotaceae).

Levando em consideração a abundância de indivíduos, as 10 famílias que se destacaram na região foram: Fabaceae, com 2.015 indivíduos; Euphorbiaceae, com 1.239; Combretaceae, com 505; Rutaceae, com 367; Nyctaginaceae, com 321; Lauraceae e Myrtaceae, com 251; Capparaceae, com 233; Sapindaceae, com 216; e Anacardiaceae com 198, juntas representam aproximadamente 80% do número de indivíduos total da amostragem.

Nas Figuras 5, 6 e 7 são encontradas as 10 famílias com maiores números de indivíduos por área e nível de altitude, equivalendo a 94% de toda densidade populacional do fragmento B1, 87% do B2, 90% do B3, 97% de E1, 99% de E2, 94% de E3, 94% de C1, 70% de C2 e 84% de C3.

Figura 5. Famílias botânicas com maiores densidades de indivíduos no ambiente baixada (altitudes ≤ 600 m) da região do Araripe, Pernambuco, Brasil.

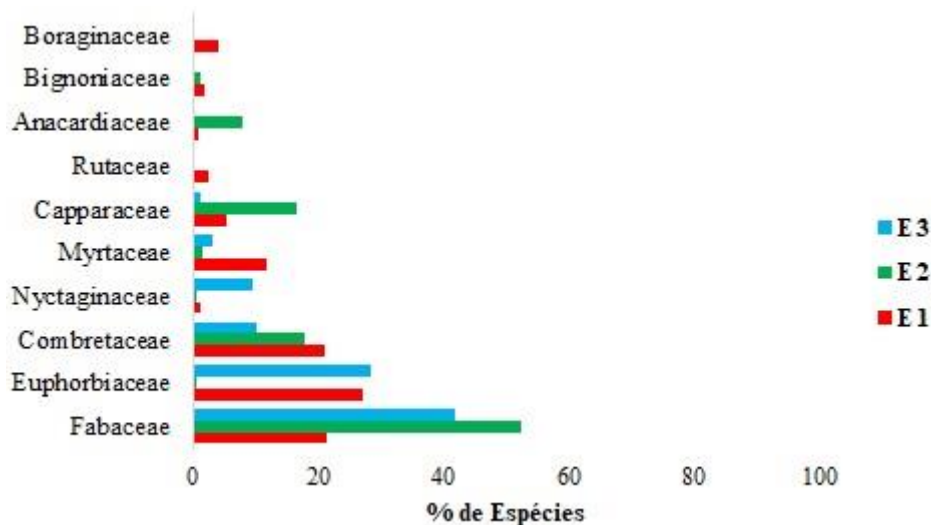


Sendo: B1, B2 e B3, fragmentos florestais com altitudes de até 600m.

Em todos os fragmentos da baixada, a maior parte dos indivíduos pertencem as famílias Fabaceae e Euphorbiaceae com aproximadamente, 78% de representatividade em B1, 51% em B2 e 68% em B3.

No ambiente encosta, se destacaram Fabaceae, Euphorbiaceae, Combretaceae, Capparaceae e Nyctaginaceae. Juntas representam por 76% dos indivíduos de E1, 88% de E2 e 91% de E3 (Figura 6).

Figura 6. Famílias botânicas com maiores densidades de indivíduos no ambiente encosta (600 < altitude < 750 m) da região do Araripe, Pernambuco, Brasil.

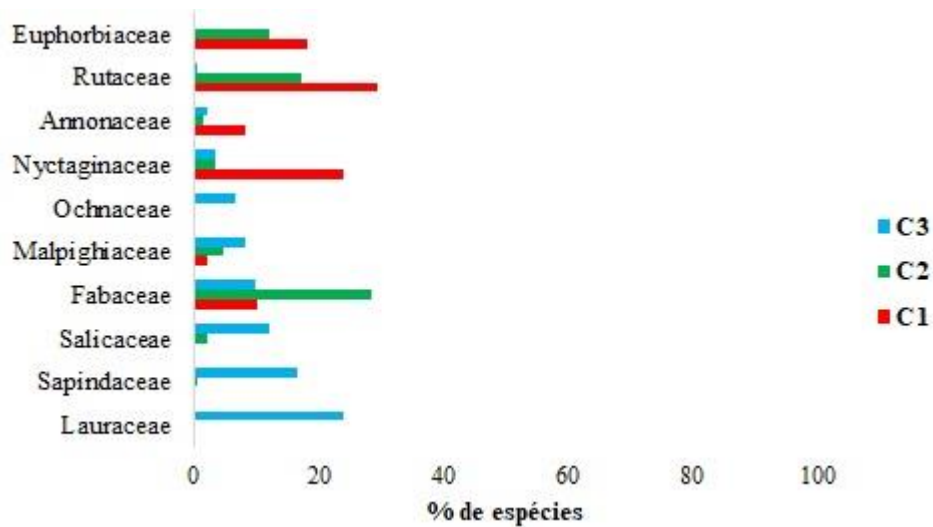


Sendo: E1, E2 e E3, fragmentos florestais com altitudes no intervalo de 600 a 750m.

Na área E2, Euphorbiaceae apresentou baixa densidade de indivíduos, com menos de 1%. A família Nyctaginaceae apresentou maior destaque em E3. Por se tratar de área de transição é muito comum encontrar na literatura áreas com essas características, classificadas como Caatinga ou Cerrado. Lemos e Meguro (2015) em uma área declivosa com altitude de 600 m, no estado do Ceará, encontraram comportamento parecido no táxon família, contudo classifica a vegetação como Caatinga.

Na chapada houve uma maior distribuição de indivíduos por famílias e maior variação entre áreas. Em C1 as famílias com maior número de indivíduos em ordem decrescente foram Rutaceae, Nyctaginaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae e Annonaceae, com 90% de representatividade. Em C2, se destacaram Fabaceae, Rutaceae, Euphorbiaceae e Malpighiaceae, com 63%. Já em C3, Lauraceae, Sapindaceae, Salicaceae, Fabaceae, Malpighiaceae e Ochnaceae, com 77% de representatividade (Figura 7).

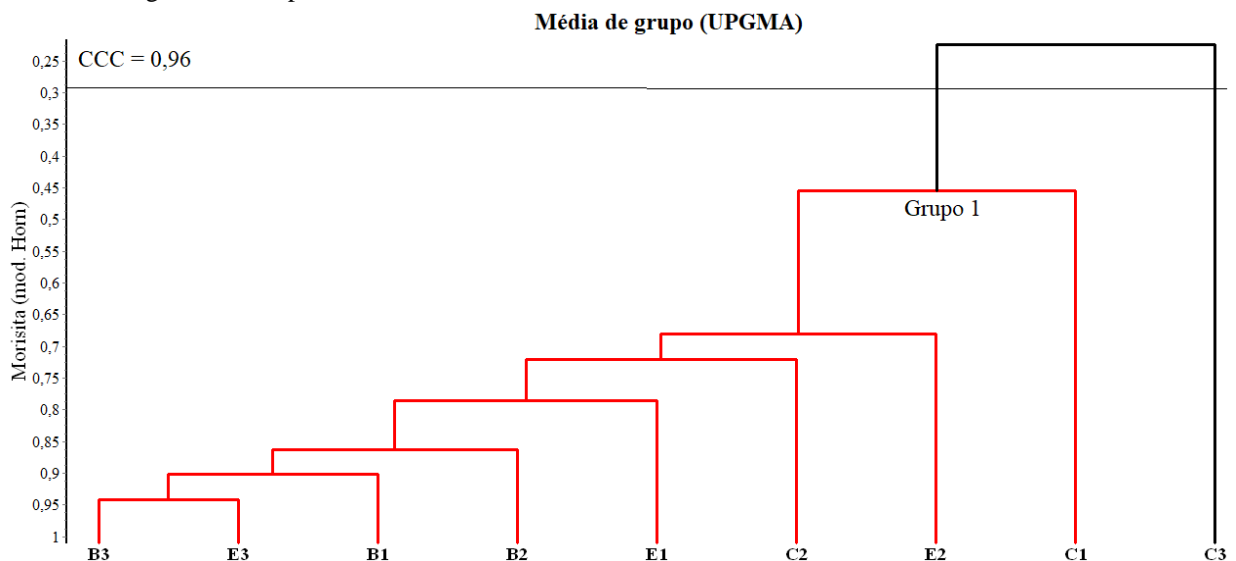
Figura 7. Famílias botânicas com maiores densidades de indivíduos no ambiente chapada (altitudes $\geq 750\text{m}$) da região do Araripe, Pernambuco, Brasil.



As famílias com maiores densidades de indivíduos tendem a variar com os estratos de altitude, sendo mais complexo no ambiente chapada. A elevada concentração de indivíduos em poucas famílias na baixada pode ser resultado das condições ambientais desse estrato, principalmente as secas prolongadas, fazendo com que a maior densidade populacional se concentre em famílias com maior resistência as condições adversas.

Essa variação entre áreas não é bem diagnosticada pela análise de agrupamento, elaborado pelo índice de Morisita-Horn (CH), com ponto de corte de 0,29, sendo formado um único grupo com oito fragmentos (B1, B2, B3, E1, E2, E3, C1 e C2) (Figura 8).

Figura 8. Dendrograma de agrupamento pelo método de grupo (UPGMA), com base no coeficiente de Morisita-Horn (CH) e na variável família botânica, para os fragmentos distribuídos em três níveis de altitudes na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.



Sendo: CCC, coeficiente de correlação cofenética; B1, B2 e B3, fragmentos da baixada (Altitudes $\leq 600\text{ m}$); E1, E2 e E3, fragmentos da encosta ($600 < \text{Altitudes} < 750\text{ m}$); e, C1, C2 e C3, da chapada (Altitudes $\geq 750\text{ m}$).

Apesar de apresentar uma tendência de variação interna, é formado um único grupo, influenciado principalmente, pelo elevado número de indivíduos das famílias Fabaceae e Euphorbiaceae.

É muito comum encontrar a família Fabaceae entre as mais ricas, em espécies e indivíduos, em praticamente todas as formações vegetacionais, já o destaque da Euphorbiaceae, em densidade de indivíduos, é característico das diversas fitofisionomias encontradas nas Caatingas (AMORIM; SAMPAIO e ARAÚJO, 2005; BARBOSA et al., 2012; GUEDES et al., 2012; FERRAZ et al., 2013; HOLANDA et al., 2015; SANTOS et al., 2017). No fragmento B2 e B3 essa representatividade aumenta quando adicionadas Anacardiaceae, Apocynaceae e Rubiaceae. Essas famílias também se destacaram nos trabalhos de Apgaua et al. (2014) em Juvenília, Minas Gerais, e Farias et al. (2016), Serra talhada, Pernambuco.

Pela similaridade de Morisita-Horn fica evidenciada a formação do grupo de fragmentos localizados em regiões semiáridas (secas), que se diferencia da única área úmida da amostragem (C3), sendo o clima o principal motivador das semelhanças entre fragmentos, no que se diz a respeito a densidade de indivíduos entre famílias.

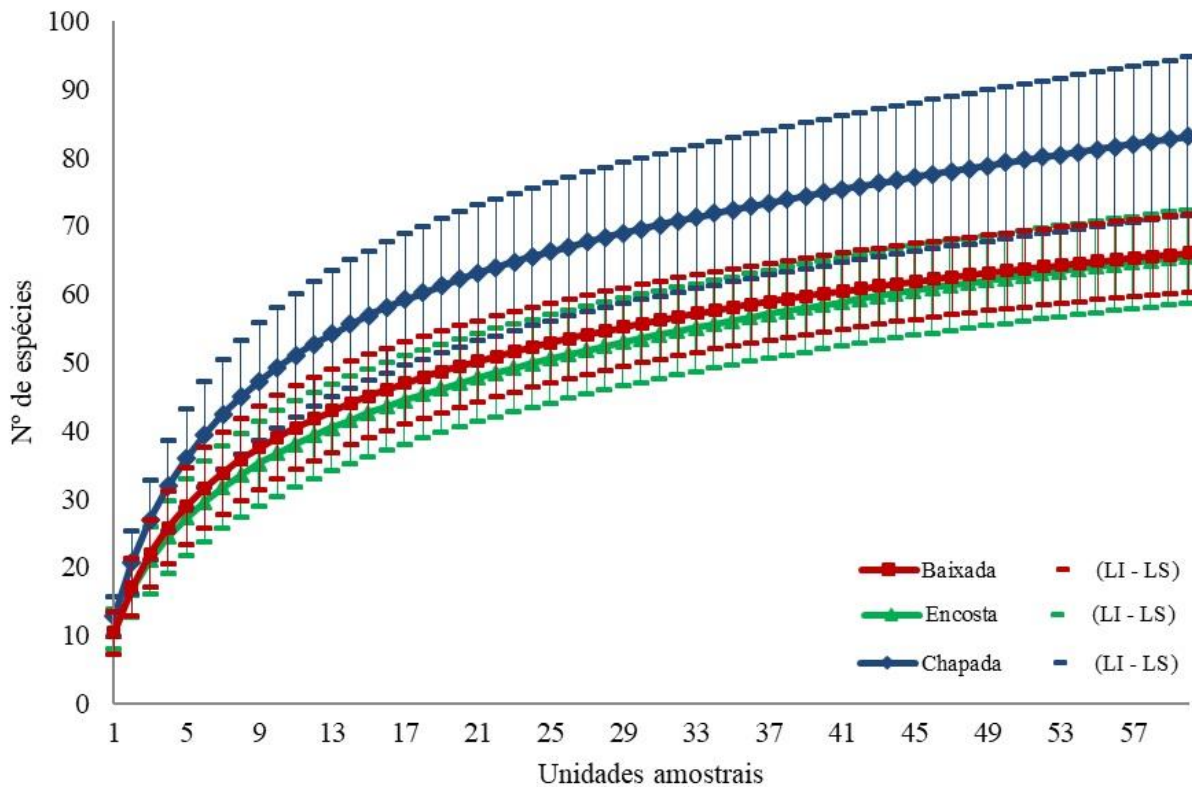
Em todas as análises realizadas para famílias botânicas, tanto levando em consideração a presença-ausência, como abundância de indivíduos, foi possível verificar variação da vegetação em conformidade aos estratos de altitude. Os fragmentos da baixada com maior similaridade entre si e mais distintos dos da chapada, e as áreas da encosta se assemelhando com baixada e chapada.

3.2.2 Riqueza de espécies arbustivo-arbóreas

Na região foram amostradas 153 espécies distribuídas nos três estratos de altitude, sendo, 66 na baixada, 65 na encosta e 83 na chapada. A variabilidade estatística entre ambientes e fragmentos foi avaliada sob duas perspectivas, considerando: a presença-ausência de espécies nas unidades amostrais; e a abundância de indivíduos entre espécies.

Levando em consideração a presença-ausência, pela da curva de rarefação pelo intervalo de confiança de 95% de probabilidade, foi verificado que os três níveis de altitudes podem apresentar semelhança estatística em riqueza de espécies (Figura 9).

Figura 9. Curva de rarefação, com intervalo de confiança de 95% de probabilidade, do número de espécies ocorrentes nos ambientes baixada, encosta e chapada da região do Araripe, Pernambuco, Brasil.

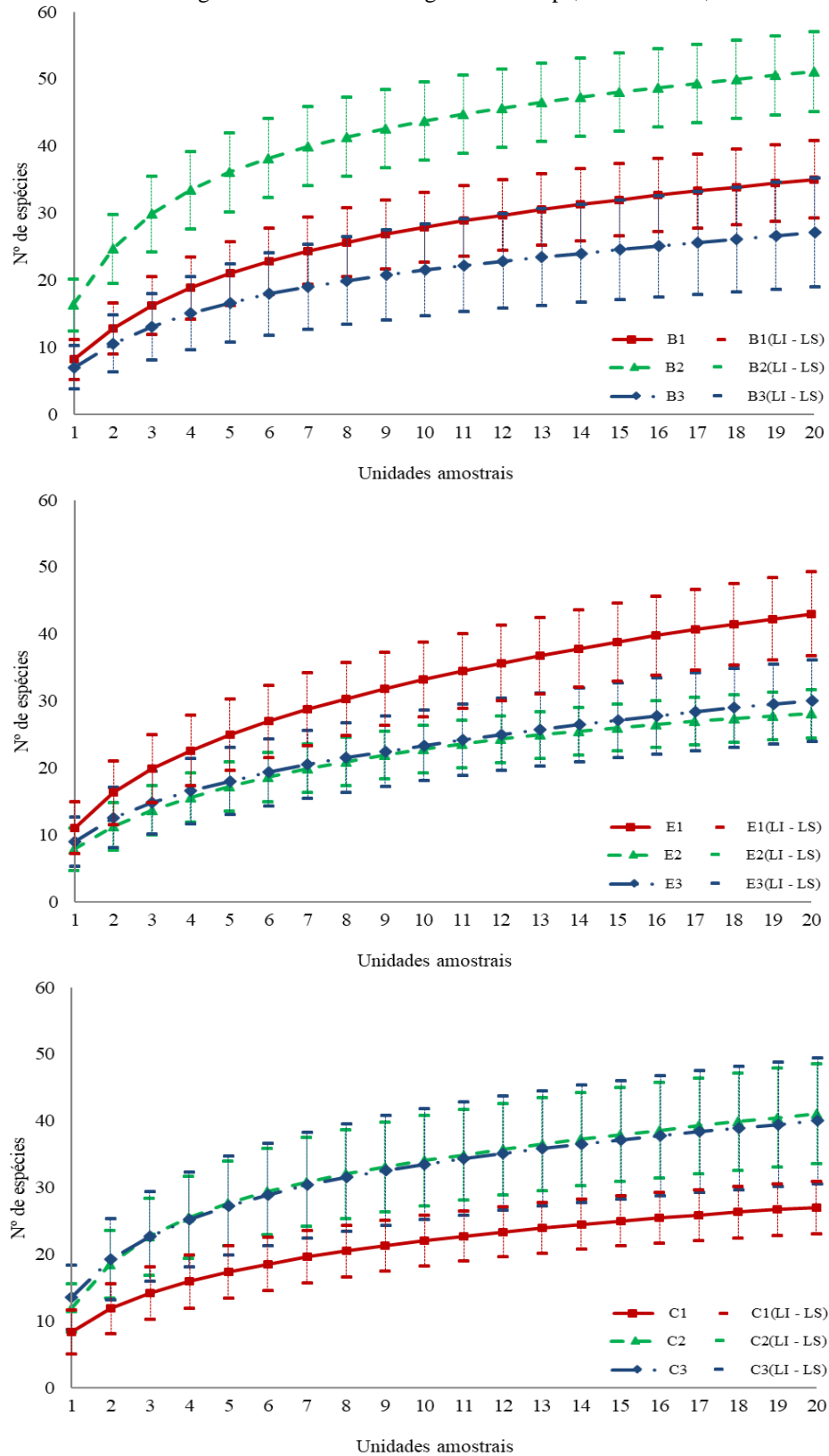


Na baixada pode ser encontrada de 60 a 72 espécies, na encosta de 58 a 72, e na chapada de 71 a 95. Estatisticamente, mesmo a chapada apresentando maior número de espécies, pode se assemelhar aos outros dois níveis de altitudes, com seu limite de confiança inferior abaixo dos superiores da baixada e encosta. A maior variabilidade da média de espécies da chapada (± 12 espécies) é resultado da maior variação na riqueza entre fragmentos.

Comparando a riqueza entre fragmentos pode ser observado que no ambiente baixada, B2 apresenta maior diversidade de espécies (51 ± 6) que B1 (35 ± 6) e B3 (27 ± 8), que por sua vez podem se assemelhar estatisticamente (Figura 10). A probabilidade de B1 e B3 possuírem mesmo número de espécies, pode ser justificada por se tratar de fragmentos com mesma fitofisionomia (Caatinga Arbustiva-Arbórea) e relativamente próximos, contudo, B3 apresentou maior variabilidade entre parcelas, com erro de ± 8 , o que pode estar associado a menor idade do fragmento.

Na encosta, E1 apresentou maior riqueza, com 43 ± 6 espécies, já E2 e E3 podem não diferir estatisticamente, com 28 ± 4 e 30 ± 6 . Todas as áreas da encosta apresentaram baixa variação estatística. A maior diversidade em E1 pode estar associada a sua proximidade do reservatório de água da cidade de Araripina.

Figura 10. Curva de rarefação, com intervalo de confiança de 95% de probabilidade, do número espécies ocorrentes em nove fragmentos florestais da região do Araripe, Pernambuco, Brasil.



Sendo: LI e LS, limites inferior e superior do intervalo de confiança; B1, B2 e B3, médias de número de espécies referentes aos fragmentos do ambiente baixada (Altitudes ≤ 600 m); E1, E2 e E3, médias de número de espécies dos fragmentos da encosta ($600 < \text{Altitude} < 750$ m); e C1, C2 e C3, médias de número de espécies dos fragmentos da chapada (Altitudes ≥ 750 m).

Na chapada, a maior diversidade foi encontrada em C2 (41 ± 7) e a menor em C1 (27 ± 4), já C3 (40 ± 10), apesar do expressivo número de espécies, pode se assemelhar estatisticamente aos dois fragmentos. Nesse ambiente ocorreu a maior variabilidade estatística das áreas, principalmente em C2 e C3. Pode ser verificado que a variação acompanha o gradiente de umidade, aumentando no sentido C1-C2-C3. C3 é o único fragmento com vegetação perenifólia e rodeado por nascentes de água, podendo ser influência da maior variabilidade.

Os fragmentos com maior proximidade e disponibilidade de água (B2, E1, C2 e C3) além de apresentaram maior diversidade de espécies, também se assemelharam estatisticamente.

A variação na riqueza de espécies entre áreas fica mais evidenciada quando é considerado o padrão de distribuição de indivíduos. Na Tabela 4, pode ser observado pelo teste *t*, com 95% de probabilidade, para o índice de Shannon (H'), que ocorreu variação estatística na diversidade entre fragmentos e níveis de altitudes.

Tabela 4. Riqueza de espécies lenhosas pelo índice de Shannon (H') e equabilidade de Pielou (J) de fragmentos distribuídos em três estratos de altitude, baixada (B1, B2 e B3), encosta (E1, E2 e E3) e chapada (C1, C2 e C3) na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.

Ambiente	Áreas	Nº de espécies	Nº de indivíduos	Shannon H'	Pielou J
Baixada	B	66*	2.057**	3,10_B***	0,7***
	B1	35	436	2,45 _e	0,7
	B2	51	1.068	3,19 _a	0,8
	B3	27	553	2,19 _g	0,7
Encosta	E	65*	2.533**	3,08_C***	0,7***
	E1	43	1.032	2,49 _{de}	0,7
	E2	28	844	2,33 _f	0,7
	E3	30	657	2,42 _e	0,7
Chapada	C	83*	2.397**	3,55_A***	0,8***
	C1	27	644	2,30 _f	0,7
	C2	41	707	3,10 _b	0,8
	C3	40	1.046	2,88 _c	0,8

*Número de espécies que ocorre no ambiente, desconsiderando as repetições entre áreas; ** Soma de todos indivíduos do ambiente; e *** Para esses valores, as três áreas de cada ambiente foram consideradas como um único estrato.

O peso da distribuição de indivíduos por espécies é confirmado ao observar a área E1, que mesmo possuindo a segunda maior riqueza de espécies, com 43, apresenta apenas a quarta posição no ranking do índice de diversidade de Shannon ($H' = 2,49$). Podendo ser justificado pelo fragmento apresentar 68% de toda densidade populacional concentrada em

apenas quatro espécies (*Croton blanchetianus*, *Combretum glaucocarpum*, *Dalbergia frutescens* e *Myrcia guianensis*) e 70% do total de espécies com menos de 10 indivíduos.

Como na avaliação anterior (presença-ausência), no ambiente baixada, B2 ($H' = 3,19$) apresentou maior diversidade pelo índice de Shannon. Já B1 ($H' = 2,45$) e B3 ($H' = 2,19$) não se assemelharam estatisticamente, apresentando B3 o menor H' . A maior riqueza da área B2 pode ser justificada por se tratar de um fragmento de caatinga arbórea, com vegetação mais densa e estágios de sucessão mais definidos. Outra justificativa, pode ser o fato da área possuir maior umidade.

Apesar de B1 e B3 possuírem a mesma fitofisionomia, B3 apresentou menor diversidade, o que pode ser resposta a menor idade do fragmento, ou até mesmo pela característica da área que aparentemente apresenta solos rasos e com afloramento rochoso. Na literatura é verificado que a disponibilidade hídrica, idade do fragmento e fitofisionomia local são os principais responsáveis pela variação da diversidade das caatingas (RODAL; MARTINS e SAMPAIO, 2008; HOLANDA et al., 2015; FARIAS et al., 2016).

A encosta foi o ambiente com menor variação entre fragmentos, se assemelhando também a uma área da baixada e chapada.

A chapada apresentou o segundo e terceiro maiores índices de diversidade de Shannon ($H' = 3,10$ em C2 e $H' = 2,88$ em C3). Apenas C1 apresentou baixa diversidade ($H' = 2,30$), que se assemelhou a E2 ($H' = 2,33$). O que pode ser justificado por serem áreas muito próximas e apresentarem praticamente uma continuidade vegetacional.

De maneira geral, pelo índice de Shannon é verificado uma tendência da baixada apresentar fragmentos com menor riqueza, com exceção de B2 que por condições ambientais atípicas (umidade) apresentou elevada diversidade. O ambiente encosta apresenta baixos H' e se assemelha a fragmentos da baixada e chapada, podendo ser considerado como área de transição. Já a chapada, com exceção de C1, que é uma área mais seca, tende a apresentar maior riqueza de espécies.

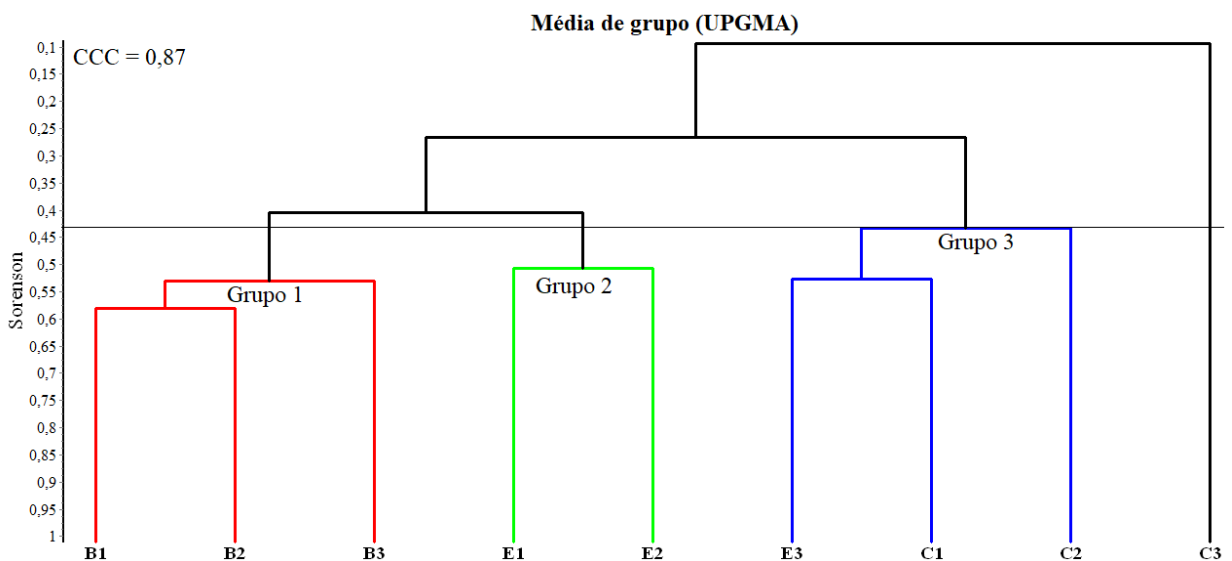
Neves et al. (2016) encontrou resultado semelhante estudando a Chapada Diamantina, BA, ficando delimitado as composições florísticas com diferença entre cerrado e caatinga, e transição da área de encosta. Também encontrou maior variedade na vegetação da chapada com fitofisionomias muito variadas.

De acordo com a equabilidade de Pielou, todas as áreas mostraram bons padrões de distribuição de indivíduos entre espécies, sendo mais evidenciado em B2, C2 e C3.

3.2.3 Similaridade de áreas pela distribuição de espécies arbustivo-arbóreas

Com relação à presença-ausência de espécies entre áreas e ambientes, pode ser verificado através da análise de agrupamento, pelo índice de Sorenson, com ponto de corte de 0,43, são formados três grupos e diferenciado duas áreas C2 e C3 (Figura 11).

Figura 11. Dendrograma de agrupamento pelo método de grupo (UPGMA), com base no coeficiente de Sorenson e na variável espécie, para os fragmentos distribuídos em três níveis de altitudes na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.



Sendo: CCC, coeficiente de correlação cofenética; B1, B2 e B3, fragmentos do ambiente baixada (Altitudes ≤ 600 m); E1, E2 e E3, fragmentos do ambiente encosta ($600 < \text{Altitudes} < 750$ m); e, C1, C2 e C3, fragmentos do ambiente chapada (Altitudes ≥ 750 m).

O primeiro grupo, com aproximadamente 52% de similaridade, é composto exclusivamente por áreas da baixada (altitude ≤ 600 m). Os fragmentos B1, B2 e B3 compartilham 15 espécies (*Allophylus quercifolius*, *Anadenanthera colubrina*, *Annona leptopetala*, *Bauhinia subclavata*, *Commiphora leptophloeos*, *Croton blanchetianus*, *Cynophalla flexuosa*, *Guapira opposita*, *Jatropha mollissima*, *Myracrodruon urundeuva*, *Piptadenia viridiflora*, *Poincianella gardneriana*, *Sapium glandulosum*, *Schinopsis brasiliensis* e *Xylosma prockia*).

O segundo grupo, com 50% de similaridade, é formado por E1 e E2, dois fragmentos da encosta ($600 < \text{altitude} < 750$ m), apresentando 17 espécies comuns (*Annona leptopetala*, *Bauhinia subclavata*, *Chloroleucon foliolosum*, *Colicodendron yco*, *Combretum glaucocarpum*, *Croton limae*, *Cynophalla flexuosa*, *Dalbergia frutescens*, *Guapira opposita*, *Handroanthus impetiginosus*, *Myrcia guianensis*, *Piptadenia viridiflora*, *Sapium glandulosum*, *Schinopsis brasiliensis*, *Senegalia langsdorffii*, *Senegalia polyphylla* e *Senna splendida*).

Os dois primeiros grupos apresentaram boa similaridade entre si ($\pm 40\%$), com oito espécies ocorrendo comumente nos cinco fragmentos (*Allophylus quercifolius*, *Annona leptopetala*, *Bauhinia subclavata*, *Cynophalla flexuosa*, *Guapira opposita*, *Piptadenia viridiflora*, *Sapium glandulosum* e *Schinopsis brasiliensis*).

O grupo três, com 43% de semelhança, é composto por E3, C1 e C2, áreas com altitudes superiores a 700 m e localizadas sob clima mais seco, compartilhando 10 espécies lenhosas (*Annona leptopetala*, *Bauhinia acuruana*, *Byrsonima gardneriana*, *Combretum glaucocarpum*, *Croton limae*, *Eugenia flavescens*, *Guapira opposita*, *Pilocarpus spicatus* subsp. *aracatensis*, *Senegalia langsdorffii* e *Swartzia psilonema*).

Como ocorreu na análise de similaridade de famílias botânicas, C3 apresentou pouca semelhança florística com os demais fragmentos, possuindo 31 espécies exclusivas, que representa 78% da riqueza do fragmento.

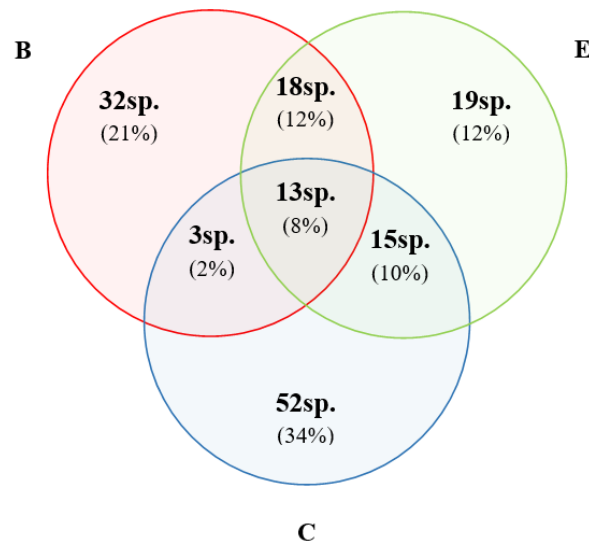
Entre ambientes, é observado a baixada com maior similaridade entre fragmentos (entre 50 e 60%), com as três áreas se agrupando por apresentarem elevado número de espécies comuns. A encosta, apesar de possuir de nove espécies comuns entre áreas (*Annona leptopetala*, *Bauhinia subclavata*, *Colicodendron yco*, *Combretum glaucocarpum*, *Croton limae*, *Cynophalla flexuosa*, *Dalbergia frutescens*, *Guapira opposita* e *Senegalia langsdorffii*) apenas E1 e E2 se agruparam, sendo E3 agrupada com C1 da chapada.

Em altitudes superiores a 750 m, apenas quatro espécies ocorreram comumente nos três fragmentos (*Erythroxylum caatingae*, *Guapira opposita*, *Poeppigia procera* e *Swartzia flaemingii*), representando maior heterogeneidade florística entre áreas.

A *Guapira opposita* foi a única espécie com distribuição em todas as áreas. Na literatura há registro de ocorrência desta espécie em todo território nacional e nas mais variadas fitofisionomias (OLIVEIRA et al., 2012; ALVES et al., 2015; FERNANDES e QUEIROZ, 2015), podendo ser altamente recomendada para recuperação de áreas degradadas em toda região do Araripe, independente do gradiente topográfico. *Annona leptopetala* esteve presente em oito fragmentos (exceto C3), *Bauhinia subclavata* e *Combretum glaucocarpum* em sete, estando estas representadas em todos níveis de altitude.

Das 153 espécies amostradas na região, 66 estão em altitudes de até 600 m, 65 no intervalo de 600 a 750 m de altitude, e 83 em altitudes superiores a 750 m. Dessas espécies, apenas 13 (8%) ocorrem nos três níveis de altitude, sendo 32 (21%) exclusivas da baixada, 19 (12%) da encosta e 52 da chapada. (Figura 12).

Figura 12. Espécies comuns e exclusivas em três níveis de altitudes na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.



Sendo: B, baixada, altitudes ≤ 600 m; E, encosta, altitudes de 600 a 750 m; e C, chapada, com altitudes ≥ 750 m.

No intervalo intermediário de altitude há um maior compartilhamento de espécies com os outros dois estratos. Já entre os níveis inferior e superior de altitude ocorre um menor, com apenas três (2%).

Os efeitos orográficos podem ser considerados importantes influenciadores na variação florística, com a baixada e chapada apresentando composição com características próprias, com muitas espécies exclusivas por ambiente, e a encosta funcionando como ecótono, com menos espécies exclusivas e alta similaridade com baixada e chapada.

Pela análise de agrupamento, considerando a densidade de indivíduos por espécie, com ponto de corte de 0,32, são formados dois grupos e distinguidas duas áreas, E2 e C3 (Figura 13).

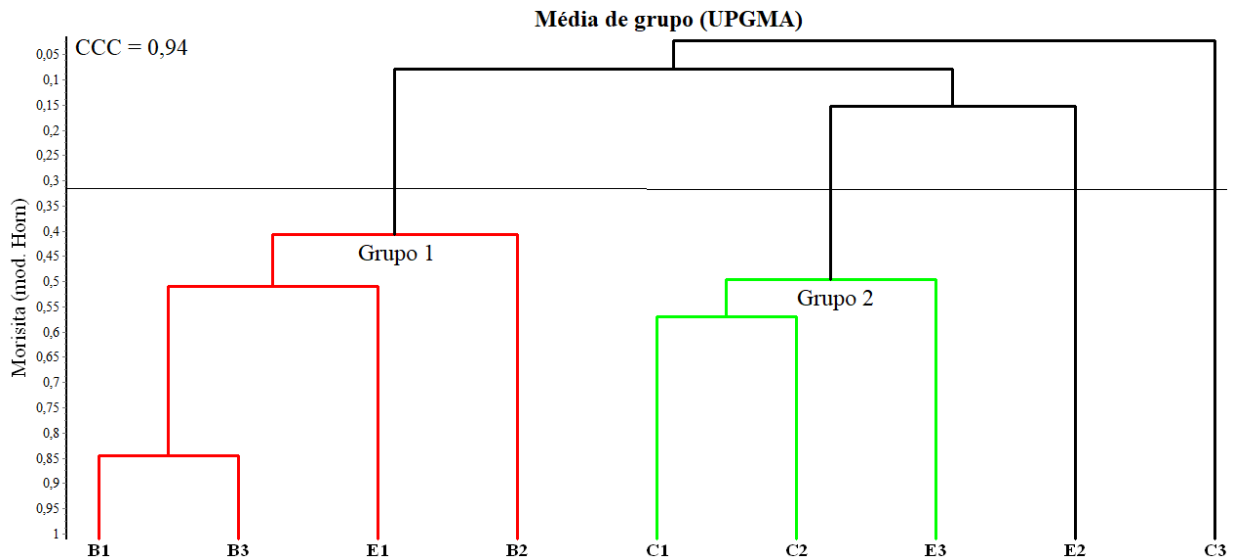
O primeiro grupo, com semelhança de aproximadamente, 40%, é composto por B1, B2, B3 e E1, três áreas da baixada e uma da encosta. A formação desse grupo teve como principal responsável a espécie *Croton blanchetianus*, que apresenta elevada abundância nos quatro fragmentos. B1 e B3 apresentaram aproximadamente 85% de similaridade, que além do *Croton blanchetianus*, compartilham muitos indivíduos da *Poincianella gardneriana*.

O segundo grupo, com similaridade de $\pm 45\%$, é formado por E3, C1 e C2, com altitudes superiores a 700 m, sendo um da encosta e dois da chapada, tem como espécies comumente abundantes *Croton limae* e *Guapira opposita*.

Já em E2 e C3 as espécies com maiores números de indivíduos diferem dos demais fragmentos, apresentando baixas similaridades com outras áreas. No fragmento E2 as espécies

com maiores abundâncias de indivíduos são *Combretum glaucocarpum*, *Cynophalla flexuosa* e *Senegalia polyphylla*. Já em C3, *Ocotea nitida* e *Matayba guianensis*.

Figura 13. Dendrograma de agrupamento pelo método de grupo (UPGMA), com base no coeficiente de Morisita-Horn (*CH*) e na variável espécie, para nove fragmentos em altitudes na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.



Sendo: CCC, coeficiente de correlação cofenética; B1, B2 e B3, fragmentos com altitudes ≤ 600 m; E1, E2 e E3, fragmentos com altitudes de 600 a 750 m; e, C1, C2 e C3, fragmentos com altitudes ≥ 750 m.

Algumas espécies, apesar da elevada densidade de indivíduos são encontradas apenas em um estrato de altitude ou limitadas a nível de fragmento.

Em altitudes de até 600 m, das 10 espécies com maior número de indivíduos, cinco (*Poincianella gardneriana*, *Parapiptadenia zehntneri*, *Coutarea alba*, *Aspidosperma cuspa* e *Amburana cearenses*) são exclusivas do nível de altitude, sendo duas (*Coutarea alba* e *Aspidosperma cuspa*) ocorrentes apenas na área B2.

Croton blanchetianus que é a espécie mais ocorrente da baixada, também se destaca na área E1 da encosta. *Piptadenia viridiflora* ocorre em todos níveis de altitude, sendo mais abundante na baixada e encosta.

Em altitudes superiores a 750 m, das 10 espécies com maior abundância de indivíduos, seis (*Ocotea nitida*, *Matayba guianensis*, *Metrodorea mollis*, *Byrsonima vacciniifolia*, *Ouratea parviflora* e *Casearia grandiflora*) apresentam ocorrência restrita ao nível de altitude, sendo quatro (*Ocotea nitida*, *Matayba guianensis*, *Ouratea parviflora* e *Casearia grandiflora*) exclusivas do fragmento C3.

Já na encosta, das 10 com maior densidade de indivíduos, apenas *Pityrocarpa moniliformis* apresentou exclusividade ao estrato de altitude e a área E3.

De acordo com Cox & Moore (2011), as espécies tendem a ocupar micro-habitat diferentes, por estarem cercadas com diferentes condições físicas, ou com falta de recursos que não permitem sua sobrevivência.

A escolha da análise de agrupamento para verificar a similaridade entre áreas é extremamente importante, visto que a avaliação pela presença-ausência gera uma resposta com fins mais ecológicos, extremamente útil para projetos de recuperação de áreas degradadas ou até mesmo restaurações florestais. Já a abundância de indivíduos de uma determinada espécie pode ser muito eficaz em futuros planos de manejo.

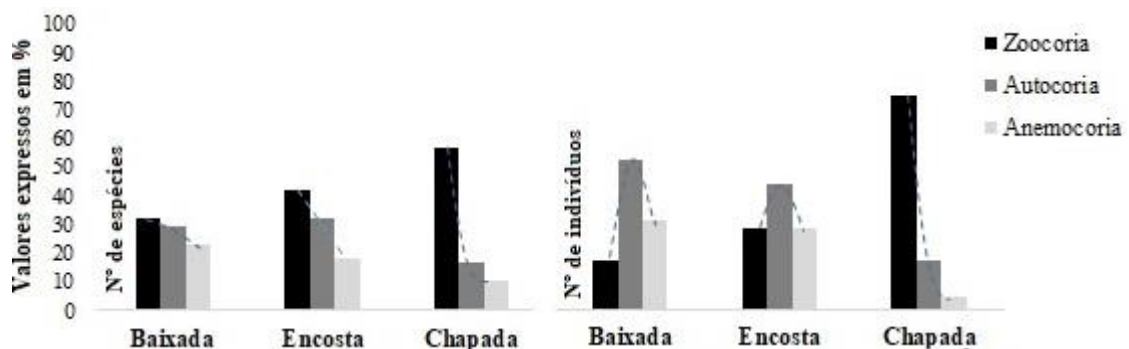
3.2.4 Síndromes de dispersão

Do número de espécies amostradas na região do Araripe, 47% apresentam dispersão zoocórica, 23% autocórica, 14% anemocórica e 16% não foram categorizadas. Já para indivíduos, 41% são dispersos por animais, 37% por mecanismos próprios, 21% pelo vento e 2% não foram diagnosticados os agentes dispersores.

Os três níveis de altitudes apresentaram maior porcentagem das espécies dispersas por animais e a menor pelo vento. Contudo, ao ser considerada a abundância de indivíduos por síndrome, a baixada e encosta com maior representatividade de autocoria e a chapada, mais uma vez, com maior dispersão por zoocoria.

Nas duas situações, para número de espécies e indivíduos, a baixada e encosta apresentaram padrões semelhantes, com valores percentuais próximos para as síndromes, sendo a baixada com menor representatividade de zoocoria. A chapada possui padrão distinto das demais altitudes, apresentando um discrepante percentual de espécies e indivíduos com dispersão zoocórica e uma pequena representatividade de anemocoria e autocoria (Figura 14).

Figura 14. Síndrome de dispersão de espécies e indivíduos lenhosos em três níveis de altitudes:(baixada: ≤ 600 m; encosta: $600 < \text{altitude} < 750$ m; e chapada: ≥ 750 m) na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.



Em altitudes de até 750 m (baixada e encosta), os fragmentos não possuem diferenças expressivas na distribuição de espécies entre síndromes de dispersão, sendo maior em ordem decrescente, zoocoria, autocoria e anemocoria. A baixada apresenta 32% das espécies zoocóricas, 29% autocóricas e 23% anemocóricas. Já a encosta com 42, 32 e 18% respectivamente. Esse padrão na distribuição é alterado ao ser considerada a abundância de indivíduos, com os dois níveis de altitudes apresentando maior percentual de indivíduos autocóricos (baixada, 52% e encosta, 44%) e havendo um revezamento entre zoocóricas e anemocóricas, tendo a baixada maior representatividade de anemocoria (31%) e a encosta com os mesmos valores para anemocóricas e zoocóricas (28%).

Apesar da baixada e encosta possuírem maior número de espécies zoocóricas, ocorre maior disseminação de indivíduos autocóricos, podendo ser reflexo da falta ou menor diversidade de agentes dispersores (fauna), visto que essas áreas apresentam menor intensidade de chuvas, provocando restrições e seleção natural de animais mais resistentes as secas prolongadas.

Em altitudes iguais ou superiores a 750 m (chapada), ocorre maior discrepância na distribuição de espécies e indivíduos por síndromes de dispersão, possuindo elevados valores percentuais de zoocoria (57% e 75%) e redução considerável de anemocoria (10% e 4%).

Pelos padrões de distribuição de espécies e indivíduos por síndromes, é observado uma tendência da dispersão zoocórica aumentar e a anemocórica diminuir com a altitude.

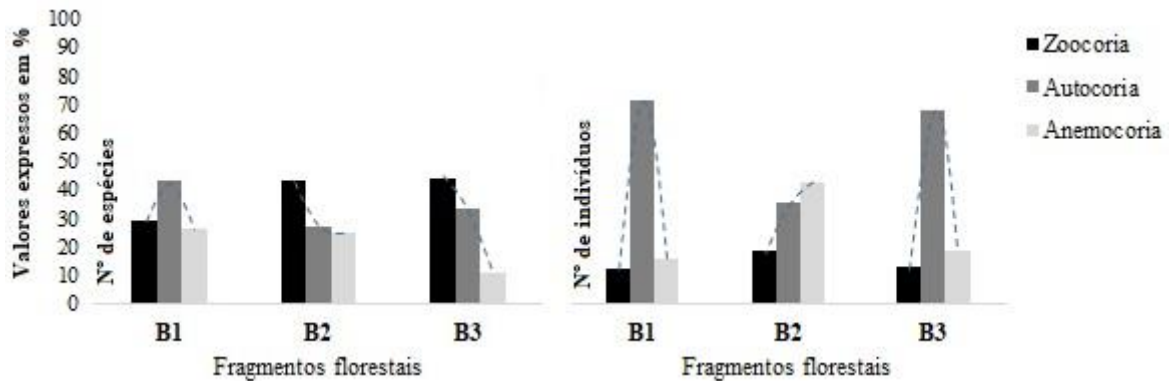
A maior representatividade de dispersão abiótica em áreas de Caatinga e biótica em maiores altitudes pode ser verificada em diversos trabalhos (COSTA, ARAÚJO e LIMA-VERDE, 2004; LIMA, RODAL e SILVA, 2008; SILVA e RODAL, 2009; PERES, 2016). O padrão de dispersão pode estar associado ao grau de pluviosidade, visto que, nas áreas das Caatingas, que sofre com rigorosas secas em grande parte do ano, há predominância de dispersores abióticos (mecanismos próprios), já em maiores altitudes, o aumento de chuvas traz uma maior diversidade de dispersores bióticos, principalmente pela oferta de frutos carnosos e atrativos para animais (BUTLER et al., 2007; SILVA e RODAL, 2009).

A variação nos padrões de distribuição de espécies e indivíduos por síndromes também podem ser observadas entre fragmentos florestais dentro do mesmo nível de altitude.

Em altitudes de até 600 m, B1 apresentou maior número de espécies autocóricas (43%) e B2 e B3 zoocóricas (43% e 44%). Considerando a abundância de indivíduos, B1 e B3 possuem a maior parte com dispersão autocórica (71% e 68%), seguido da anemocoria (16% e

19%) e zoocoria (12% e 13%), Já B2, apresenta maior equilíbrio na distribuição, principalmente, entre anemocoria (43%) e autocoria (36%) (Figura 15).

Figura 15. Síndromes de dispersão de espécies e indivíduos arbustivos-arbóreos nativos de três fragmentos florestais com altitudes de até 600 m, em região semiárida na Serra do Araripe, Pernambuco, Brasil.



Em B1 foram encontradas: 14 espécies com dispersão autocórica, distribuídas em duas famílias botânicas, Fabaceae (oito espécies) e Euphorbiaceae (seis espécies); nove anemocóricas, em cinco famílias botânicas; e 10 zoocóricas, concentradas em nove famílias botânicas.

B2 concentrou: 14 espécies autocóricas, distribuídas em três famílias, Fabaceae (três espécies), Euphorbiaceae (seis espécies) e Malvaceae (uma espécie); 13 espécies anemocóricas, em sete famílias botânicas (Anacardiaceae, Apocynaceae, Bignoniaceae, Combretaceae, Fabaceae, Malvaceae, Meliaceae e Rubiaceae); e 22 zoocóricas, distribuídas em 16 famílias botânicas, apenas Fabaceae possui espécies nos três tipos de dispersão.

Em B3 foram encontradas: nove espécies autocóricas, distribuídas duas famílias botânicas, Fabaceae (seis espécies) e Euphorbiaceae (três espécies); três espécies anemocóricas, em duas famílias, Anacardiaceae e Combretaceae; e 12 zoocóricas, em 11 famílias botânicas.

O predomínio de indivíduos com dispersão autocórica em B1 e B3 se dá principalmente, a abundância de duas espécies, *Croton blanchetianus* e *Poincianella gardneriana*, representando juntas 53% do total de indivíduos e 75% das autocóricas de B1, e respectivamente 57 e 84% de B3.

Já em B2, não ocorre um predomínio muito evidente, com boa representatividade de anemocóricas e autocóricas. As dispersas pelo vento com maior número de indivíduos foram em ordem decrescente: *Coutarea alba*, *Parapiptadenia zehntneri*, *Aspidosperma cuspa* e *Amburana cearensis*, representando juntas 32% do total de indivíduos da comunidade e 75%

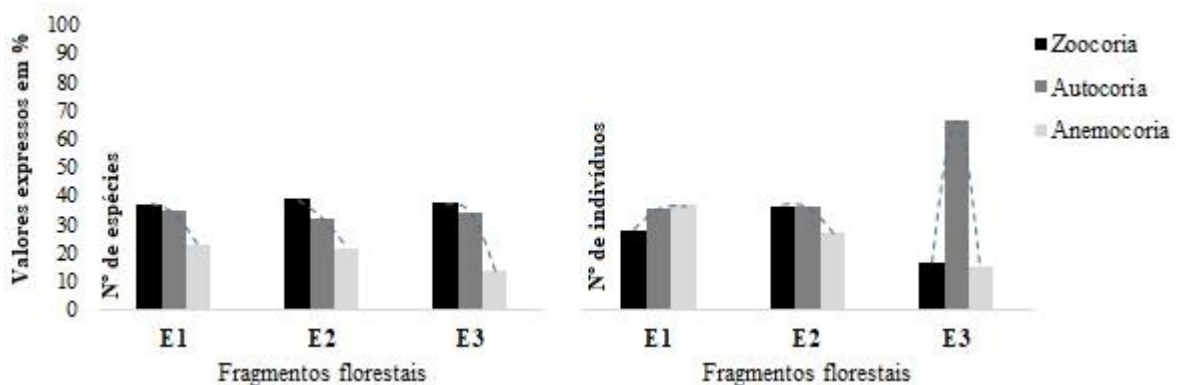
das anemocóricas. Já as dispersas por mecanismos próprios, além das *C. blanchetianus* e *P. gardneriana* que se destacaram em B1 e B3, também apresentou elevada densidade populacional o *Croton sp.*, representando 27% do total e 76% das autocóricas do fragmento.

Essa variação entre fragmentos da baixada pode estar associada a diferença na fitofisionomia, visto que B1 e B3 pertencem a fitofisionomia Caatinga arbustiva-arbórea, caracterizado por apresentar árvores mais esparsas, com pouca esterificação sucessional e sub-bosque, facilitando a dispersão pela gravidade.

Já B2, com fitofisionomia Caatinga arbórea, que apresenta estratos sucessionais mais definidos, com sub-bosque e estrato superior, aumentando a competição entre indivíduos e beneficiando quem tem a capacidade de disseminar em locais mais distantes, no caso pelo vento. As espécies anemocóricas geralmente são emergentes, visto que, necessitam de maiores correntes de ar para disseminação dos propágulos (GIEHL; BUDKE e ATHAYDE, 2007; YAMAMOTO, KINOSHITA E MARTINS, 2007; SILVA e RODAL, 2009).

Na encosta (Altitudes de 600 a 750 m), os três fragmentos apresentaram padrões de distribuição de espécies por síndromes semelhantes, havendo maior variação ao ser analisado os indivíduos, apresentando E1 maior porcentagem de anemocóricas e autocóricas (37% e 35%), E2, zoocóricas e autocóricas (36% cada) e E3 autocóricas, com 67% (Figura 16).

Figura 16. Síndromes de dispersão de espécies e indivíduos nativos de três fragmentos florestais com altitudes de 600 a 750 m, em região semiárida na Serra do Araripe, Pernambuco, Brasil.



Em E1 foram registradas: 18 espécies com dispersão zoocórica, distribuídas em 10 famílias botânicas; 15 autocóricas, em três famílias, Fabaceae, Euphorbiaceae e Malvaceae; e 10 anemocóricas, em seis famílias (Anacardiaceae, Apocynaceae, Bignoniaceae, Combretaceae, Fabaceae e Malvaceae). Nesse fragmento ocorreu equilíbrio na distribuição de indivíduos por síndrome, se destacando as espécies: *Combretum glaucocarpum* e *Dalbergia frutescens*, representando 81% dos indivíduos anemocóricos; *Croton blanchetianus*,

representando 71% dos autocóricos; e *Myrcia guianensis* com representação de 40% dos dispersos por animais.

Em E2 foram encontradas: 12 espécies zoocóricas, concentradas em sete famílias botânicas (Annonaceae, Boraginaceae, Capparaceae, Fabaceae, Myrtaceae, Nyctaginaceae e Rutaceae); nove autocóricas, em duas famílias, Fabaceae e Euphorbiaceae; e seis anemocóricas, distribuídas em quatro famílias, sendo três na Bignoniaceae e uma em Anacardiaceae, Combretaceae e Fabaceae.

Esse fragmento também apresentou um bom equilíbrio na distribuição de indivíduos por síndrome de dispersão, apresentando maiores números de indivíduos as espécies: *Cynophalla flexuosa* e *Swartzia psilonema*, representam 78% da densidade de indivíduos zoocóricos; *Senegalia polyphylla* e *Piptadenia viridiflora*, representando 78% dos indivíduos autocóricos; e, *Combretum glaucocarpum* e *Schinopsis brasiliensis* representando 95% dos indivíduos anemocóricos.

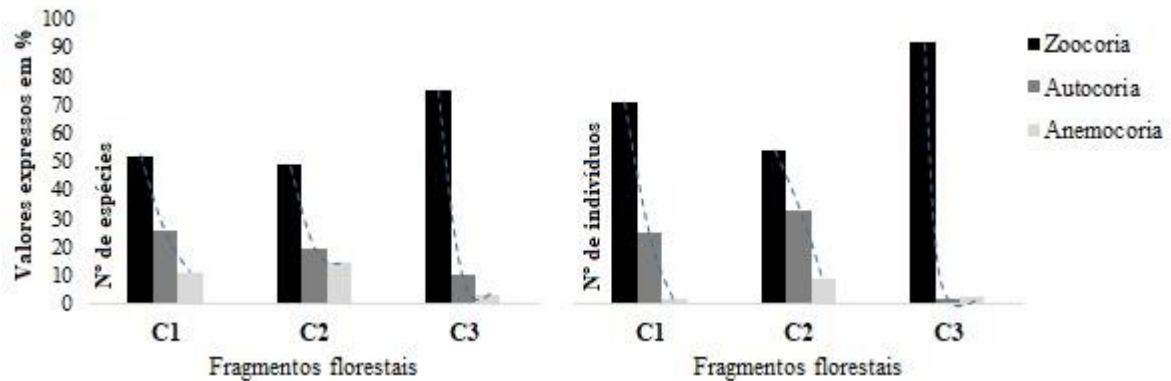
Em E3 foram encontradas: 12 espécies zoocóricas, concentradas em oito famílias botânicas (Annonaceae, Capparaceae, Fabaceae, Malpighiaceae, Meliaceae, Myrtaceae, Nyctaginaceae e Rutaceae); 10 autocóricas, em três famílias (Fabaceae, Euphorbiaceae e Rhamnaceae); e quatro anemocóricas, distribuídas em três famílias (Apocynaceae, Fabaceae e Combretaceae).

Nesse fragmento ocorreu maior discrepância na distribuição de indivíduos entre síndromes, com aproximadamente 67% de todos indivíduos dispersos por autocoria, se destacando as espécies: *Croton limae*, *Pityrocarpa moniliformis*, *Bauhinia acuruana*, *Senegalia langsdorffii* e *Mimosa sp.2*, que representam aproximadamente 61% do total e 92% das autocóricas da densidade de indivíduos.

Na encosta é verificado que o percentual de espécies por síndromes de dispersão é muito semelhante, contudo há alguma limitação ou variação ambiental que ocasiona mudança nos padrões de abundância de indivíduos. Um bom exemplo é E3, que apresenta uma elevada disseminação de indivíduos por autocoria, podendo ser consequência da maior semiaridez da área, que apesar de possuir maior altitude (715 m), é a mais inclinada, com solos aparentemente rasos e com afloramentos rochosos.

Nos fragmentos da chapada, a distribuição de espécies e indivíduos por síndromes de dispersão obedeceram ao mesmo padrão, com maior porcentagem de zoocoria, seguido de autocoria e anemocoria (Figura 17).

Figura 17. Síndromes de dispersão de espécies e indivíduos nativos de três fragmentos florestais com altitudes iguais ou superiores a 750 m, em região semiárida na Serra do Araripe, Pernambuco, Brasil.



Apesar das áreas obedecerem aos mesmos padrões de distribuição, ocorre uma discrepância de C1 e C2, com C3, que possui maior percentual de espécies zoocóricas e um menor de anemocóricas.

C1 e C2 apresentaram 52% e 49% de espécies zoocóricas, 26% e 19% autocóricas, e 11% e 15% anemocóricas.

Em C1 foram encontradas: 14 espécies zoocóricas, distribuídas em oito famílias botânicas (Annonaceae, Erythroxylaceae, Fabaceae, Malpighiaceae, Meliaceae, Myrtaceae, Nyctaginaceae e Rutaceae); sete autocóricas, em três famílias (Fabaceae, Euphorbiaceae e Rhamnaceae); e três anemocóricas, em três famílias (Apocynaceae, Bignoniaceae e Combretaceae).

Nesse fragmento foram registrados: 71% dos indivíduos com dispersão zoocórica, sendo desses, aproximadamente 60% representados pelas espécies *Guapira opposita* e *Metrodorea mollis*; 25% dispersos por autocoria, sendo 73% pertencente a *Croton limae*; e apenas 2% por anemocoria, pelas espécies *Aspidosperma pyrifolium*, *Jacaranda jasminoides* e *Combretum glaucocarpum*.

Em C2 foram encontradas: 20 espécies zoocóricas distribuídas em 10 famílias botânicas (Annonaceae, Erythroxylaceae, Fabaceae, Malpighiaceae, Meliaceae, Myrtaceae, Nyctaginaceae, Rutaceae, Salicaceae e Sapindaceae), oito autocóricas, em duas famílias (seis na Fabaceae e duas em Euphorbiaceae) e seis anemocóricas, em quatro famílias (três Bignoniaceae e uma em Anacardiaceae, Combretaceae e Fabaceae).

Esse fragmento apresentou: 54% dos indivíduos dispersos por animais, se destacando as espécies *Erythroxylum caatingae*, *Metrodorea mollis* e *Pilocarpus spicatus* subsp. *aracatensis*; 32% por autocórica, com destaque para *Croton limae*; e apenas 9% por anemocoria, se destacando *Combretum glaucocarpum*.

C3, apresentou 75% de espécies dispersas por zoocoria, 10% por autocoria e apenas 3% por anemocoria. Foram registradas: 30 espécies zoocóricas, concentradas em 20 famílias botânicas; quatro autocóricas, em três famílias (Euphorbiaceae, Fabaceae e Rhamnaceae); e apenas a *Roupala montana* com dispersão anemocórica. Esse fragmento apresenta 92% dos indivíduos dispersos por animais, com destaque pela elevada densidade populacional as espécies *Ocotea nitida* e *Matayba guianensis*, apenas 2% dos indivíduos com dispersão autocórica e anemocórica.

A elevada densidade de *M. guianensis* e *O. nitida* nesse fragmento pode estar relacionado aos seus processos de disseminação, que ocorre em duas etapas, os agentes primários (morcegos e aves) transportam e despulpam os atrativos frutos e em seguida as formigas se encarregam da dispersão minimizando as competições interespecífica e aumentando a chance de sucesso do propágulo (COSTA, 2007).

Comparando os três fragmentos da chapada, é verificada uma nítida variação nos padrões de distribuição de espécies e indivíduos em conformidade a intensidade da semiaridez, visto que, C1 e C2, áreas mais secas, apresentam maiores semelhanças, já C3 que é localizado em região mais úmida, com maiores intensidades de chuvas, se diferencia, com elevado número de espécies e indivíduos dispersos por animais.

Das 13 espécies com ocorrência nos três ambientes, seis são dispersas por animais (*Allophylus quercifolius*, *Annona leptopetala*, *Chloroleucon foliolosum*, *Guapira opposita*, *Myrcia sp.* e *Zanthoxylum gardneri*), quatro pelo vento (*Aspidosperma pyrifolium*, *Combretum glaucocarpum*, *Handroanthus impetiginosus* e *Schinopsis brasiliensis*) e três por autocoria (*Bauhinia subclavata*, *Piptadenia viridiflora* e *Senegalia polyphylla*). Provavelmente, essas com dispersão zoocóricas possuem como dispersores animais que percorram elevadas distâncias, como as aves, por exemplo.

As aves, por percorrerem elevadas distâncias são eficazes disseminadores de sementes, contudo, em menores distâncias os morcegos, formigas e mamíferos também desempenham importantes papéis (SUMMERBELL, 1991; BUTLER et al., 2007).

De maneira geral, é verificado que na região do Araripe as síndromes abióticas têm alcançado maiores alcances na disseminação das espécies. Das anemocóricas 41% ocorrem em ao menos dois ambientes, 64% em mais de um fragmento e 36% de forma isolada em apenas uma das áreas. Das autocóricas, 46% em mais de um ambiente, 66% em mais de um fragmento e 34% de forma isolada. Já as dispersas por animais, 24% ocorrem em mais de um

ambiente, 37% em ao menos dois fragmentos e 63% de forma isolada, sendo a metade desses exclusivos da área C3.

Provavelmente, os níveis de semiaridez associados aos variados efeitos orográficos dessa região, tem incitado a formação de uma diversidade de microclimas que atuam como verdadeiras ilhas, limitando a existência e movimentação de determinados grupos de animais em isolados nichos ecológicos.

A síndrome de dispersão varia em conformidade aos níveis de altitudes, com tendência de regiões mais elevadas possuírem maior percentual de espécies e indivíduos com dispersão biótica e as mais baixas com dispersões abióticas.

Mesmo ocorrendo maior porcentagem de espécies dispersas por animais nos fragmentos, ocorre variação nos padrões de dispersão, com as áreas da baixada e encosta com maior equilíbrio entre as síndromes, sem discrepância de valores percentuais, já as áreas da chapada com grande predominância de espécies zoocóricas e redução das anemocóricas.

A variação nos padrões de síndromes de dispersão fica mais evidente ao ser considerada apenas a abundância de indivíduos dos fragmentos, com as áreas das Caatingas (Altitudes de até 600m) com grande predominância de dispersão abiótica (autocoria e anemocoria), os fragmentos com altitudes de 600 a 750 m, como é região de transição entre baixada e chapada, apresentam boa representatividade tanto da dispersão biótica, como abiótica. Já as com altitudes iguais ou superior a 750 m, tem os animais como principais agentes dispersores.

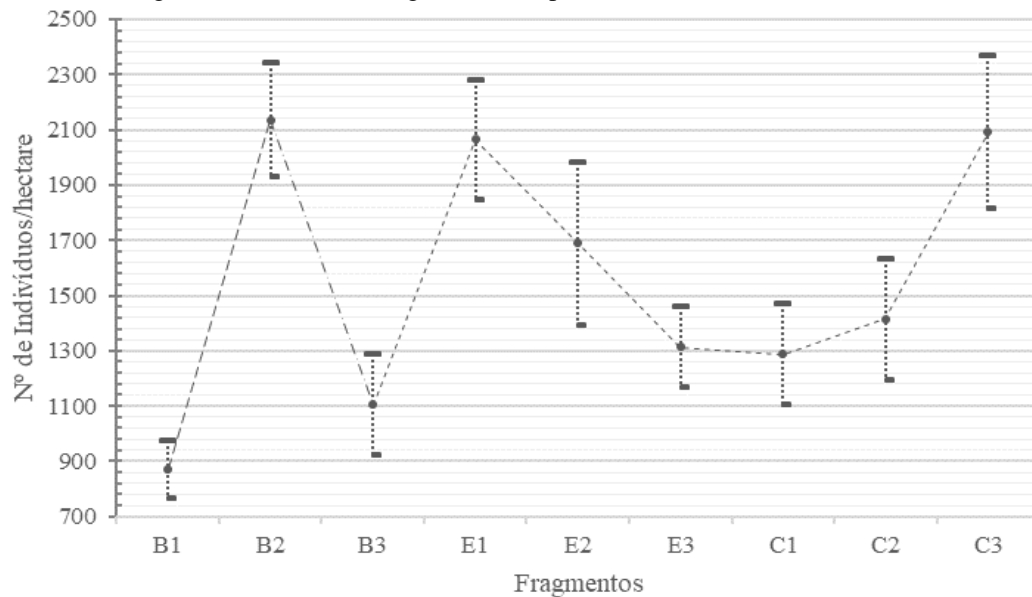
3.3 ESTRUTURA HORIZONTAL E VERTICAL

3.3.1 Variações entre fragmentos

3.3.1.1 Densidade Absoluta (DA) e Ramificações de fustes

B2 apresentou maior densidade de indivíduos por hectare (IC: 1.928 a 2.344 Ind.ha⁻¹), podendo se assemelhar estatisticamente a E1 (1.850 a 2.278 Ind.ha⁻¹), E2 (1.391 a 1.985 Ind.ha⁻¹) e C3 (1.814 a 2.370 Ind.ha⁻¹). Na baixada também é encontrado o fragmento com menor densidade de indivíduos, B1 (767 a 977 Ind.ha⁻¹), podendo se assemelhar estatisticamente a B3 (922 a 1.290 Ind.ha⁻¹). As áreas B3, E3 (1.169 a 1.459 Ind.ha⁻¹), C1 (1.104 a 1.472 Ind.ha⁻¹) e C2 (1.193 a 1.635 Ind.ha⁻¹) podem apresentar densidade de indivíduos semelhantes (Figura 18).

Figura 18. Intervalo de confiança com 95% de probabilidade, do número de indivíduos nativos por hectare, de nove fragmentos florestais na região do Araripe.



Sendo: B1, B2 e B3, fragmentos da baixada (Altitude ≤ 600 m); E1, E2 e E3, fragmentos da encosta ($600 < \text{Altitude} < 750$ m); e C1, C2 e C3, fragmentos da chapada (Altitude ≥ 750 m).

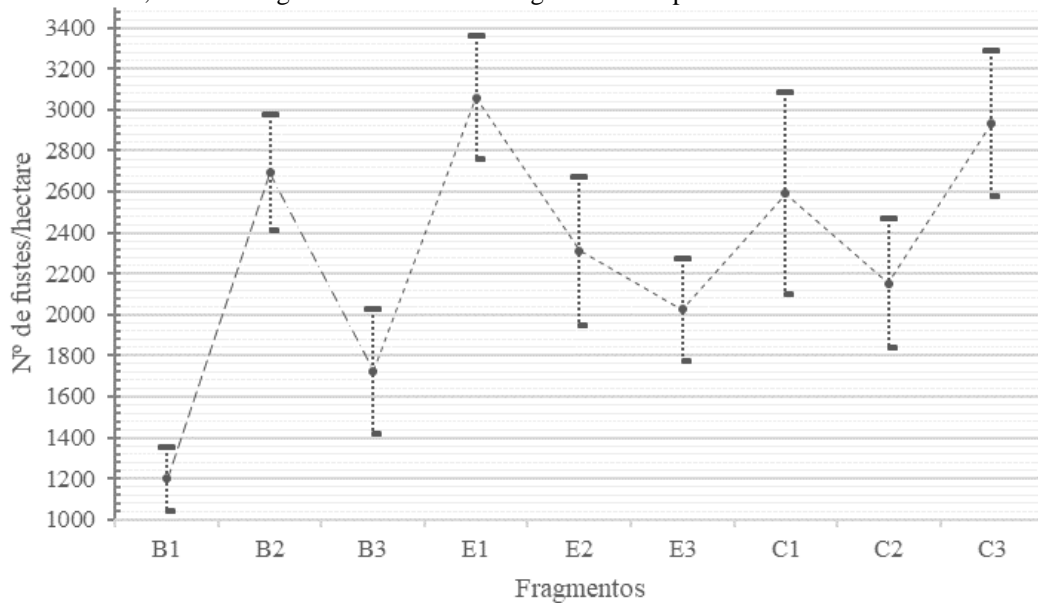
Na baixada, é observada maior densidade de indivíduos em B2, já B1 e B3 podem se assemelhar estatisticamente. O que pode ser justificado pela variação fitofisionômica, visto que B2 é caracterizado como Caatinga Arbórea, com vegetação mais densa, já B1 e B3, Caatinga Arbustiva-Arbórea, com árvores mais esparsas.

Na encosta, E1 apresentou maior número de indivíduos que E3, já E2 pode se assemelhar aos dois fragmentos. A maior densidade em E1 pode ser resposta a sua proximidade ao reservatório de água da cidade de Araripina. A maior variabilidade da média de indivíduos de E2 estar associada a transição estrutural dentro do fragmento, podendo ser encontrado locais com árvores esparsas com pouco sub-bosque e locais com árvores mais adensadas e com sub-bosque.

Na chapada, C3 apresentou maior número de indivíduos que C1 e C2, que por sua vez não apresentaram diferença estatística. Mais uma vez, pode estar associado a fitofisionomia, visto que C3 é uma vegetação com maior umidade, já C1 e C2 estão localizadas nas áreas mais secas do ambiente.

Ao serem consideradas as ramificações de fustes dos indivíduos é observada variação entre fragmentos (Figura 19).

Figura 19. Intervalo de confiança com 95% de probabilidade, do número de fustes de indivíduos nativos por hectare, de nove fragmentos florestais na região do Araripe.



Sendo: B1, B2 e B3, fragmentos da baixada (Altitude ≤ 600 m); E1, E2 e E3, fragmentos da encosta ($600 < \text{Altitude} < 750$ m); e C1, C2 e C3, fragmentos da chapada (Altitude ≥ 750 m).

Com exceção de E2, todas as áreas apresentaram diferença estatística ao ser avaliado o número de indivíduos ou fustes, por exemplo, B1 pode apresentar de 760 a 960 Ind.ha⁻¹ e 1.040 a 1.360 fustes.ha⁻¹. Dessa forma, a utilização mais coerente das variáveis número de indivíduos ou fustes vai depender do objetivo, sendo fustes mais indicado para planos de manejo econômicos e número de indivíduos em estudos ecológicos.

O fragmento com maior número de fustes é E1 (2.760 a 3.360 Fustes.ha⁻¹), podendo se assemelhar a B2 (2.409 a 2.975 Fustes.ha⁻¹), C1 (2.098 a 3.086 Fustes.ha⁻¹) e C3 (2.580 a 3.288 Fustes.ha⁻¹). B1 apresentou o menor número de fustes com intervalo de 1,040 a 1.356 Fustes.ha⁻¹.

Ao ser considerado o número de fustes pode ser verificado algumas alterações em relação a densidade de indivíduos: no ambiente baixada, a área B3 se diferenciou de B1, justificado pelo maior percentual de ramificações de indivíduos (B3 = 32% e B1 = 24%), que pode ser atribuído ao corte raso e consequentemente, maior número de rebrotas. Na encosta a variação ocorreu entre E1 e E2.

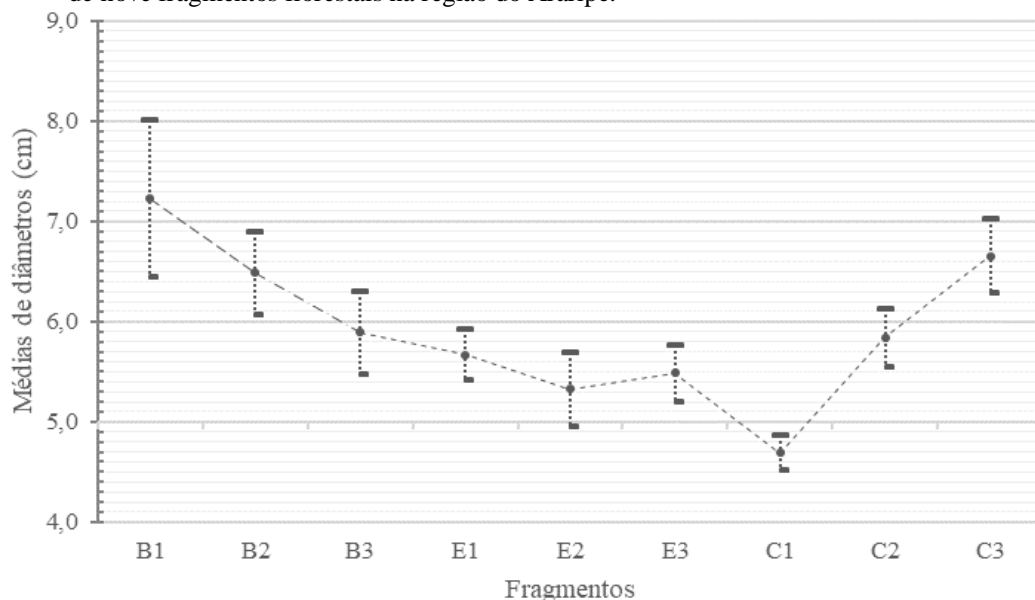
Na chapada, mesmo C1 apresentando menor número de indivíduos que C3, pode se assemelhar em número de fustes. Sendo justificado pelas características fitofisionômica de C1 (Carrasco), uma vegetação tipicamente com muitas rebrotas, possuindo aproximadamente, 44% de seus indivíduos ramificados.

O fragmento B1 apresentou 28% dos indivíduos e 54% das espécies com ramificações do fuste, B2 16 e 63%, B3 32 e 74%, E1 28 e 73%, E2 14 e 61 %, E3 30 e 63%, C1 44 e 67%, C2 25 e 72%, e C3 26 e 59%.

3.3.1.2 Médias de diâmetros e distribuições diamétricas

B1 foi o fragmento com maior média de diâmetros (6,4 a 8,0 cm), podendo se assemelhar a B2 (6,1 a 6,9 cm) e C3(6,3 a 7,0 cm). C1 apresentou menor intervalo, com valores variando de 4,5 a 4,9 cm (Figura 20).

Figura 20. Intervalo de confiança com 95% de probabilidade, das médias de diâmetros de indivíduos nativos, de nove fragmentos florestais na região do Araripe.



Sendo: B1, B2 e B3, fragmentos da baixada (Altitude ≤ 600 m); E1, E2 e E3, fragmentos da encosta ($600 < \text{Altitude} < 750$ m); e C1, C2 e C3, fragmentos da chapada (Altitude ≥ 750 m).

No ambiente baixada, B1 apresentou maior intervalo que B3 (5,5 a 6,3 cm), já B2 se pode se assemelhar aos dois fragmentos. Como B1 e B3 pertencem a mesma fitofisionomia, a diferença de diâmetros pode estar relacionada a idade, visto que, o primeiro é centenário e o segundo possui aproximadamente 25 anos. Já B2 apresentar probabilidade de não diferir de B1 e B3, pode ser resposta a grande representatividade de indivíduos em seu sub-bosque, puxando sua média para baixo.

Na encosta, as três áreas apresentam probabilidade de se assemelharem (E1, IC de 5,4 a 5,9 cm; E2, IC de 5,0 a 5,7 cm; e E3, IC de 5,2 a 5,8 cm), possuindo baixas médias de diâmetros, o que pode ser reflexo do tipo de solo (arenoso) aliado a semiaridez do ambiente.

Na chapada ocorreu maior variabilidade, com as três áreas podendo diferir estatisticamente. C3 com maiores valores, seguida de C2 (5,5 a 6,1 cm) e C1 (4,5 a 4,9 cm).

Justificado por C3 se uma área com vegetação perenifólia, com maior frequência de chuvas, C2, área de transição, com chuvas de intensidade moderada e C1, vegetação mais seca.

As médias de diâmetros isoladamente, não relatam a real estrutura diamétrica do fragmento, uma vez que, mesmo a área apresentando indivíduos com elevados porte, a abundância de representantes no sub-bosque pode baixar os valores médios, como acontece em B2, E2 e C2. Dessa forma, as maiores médias de diâmetros do fragmento, necessariamente, não implicam em árvores com maiores circunferências.

Na Figura 21 é verificado a distribuição diamétrica dos nove fragmentos estudados. Todas as áreas obedecem ao padrão de florestas nativas, com a maioria dos indivíduos nas menores classes de diâmetro e uma redução à medida que se aumenta os intervalos.

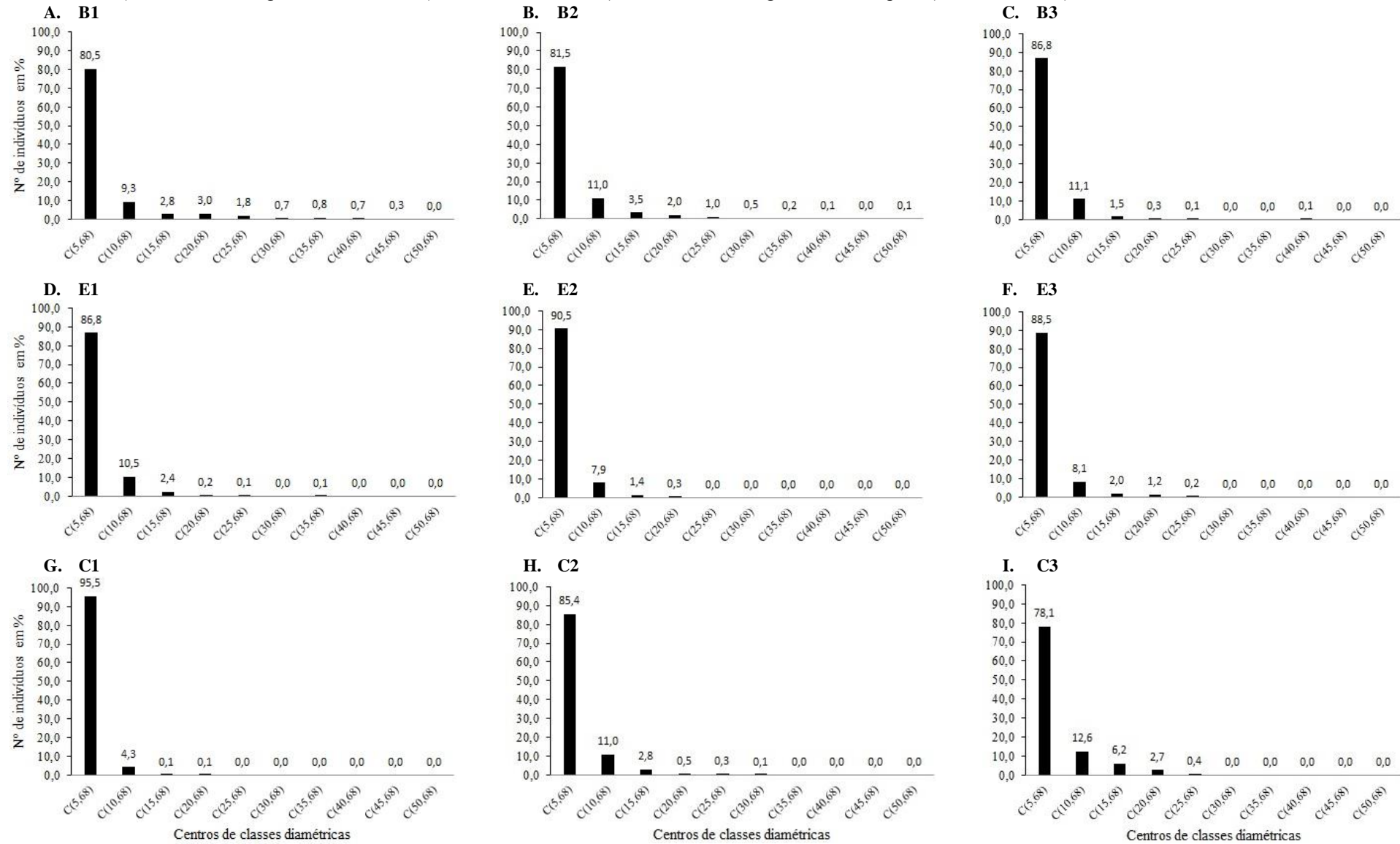
Apesar de B1, B2 e C3 apresentarem diâmetros com probabilidade de se assemelharem pelo intervalo de confiança, o fragmento B2 possui indivíduos com maiores circunferências, tendo representantes até a décima classe diamétrica. B1 com representatividade até a oitava e C3 apenas até a quinta classe de diâmetro. O que corrobora que nem sempre as maiores médias significam que o fragmento possua os indivíduos com maiores diâmetros.

Na baixada, B2 apresenta mais classes diamétricas e conseqüentemente, com maiores diâmetros, sendo a espécie *Schinopsis brasiliensis* (DAP = 0,52 m) a com maior valor. B1 e B3 possuem indivíduos até a oitava classe, contudo B3 apresenta maior abundância em menores intervalos, tendo a sexta e sétima classe ausência de representantes. Foram encontradas com maiores diâmetros: *Myracrodruon urundeuva* (DAP= 0,48 m) em B1; e *Anadenanthera colubrina* (DAP= 0,38 m) em B3.

Confirmando mais uma vez a influência das variações fitofisionômicas e temporais sobre a estrutura do fragmento, visto que B2 se sobressai em relação a B1 e B3. Por sua vez, B1 apresenta indivíduos com maiores diâmetros que B3, principalmente, por possuir maior tempo de existência.

Na encosta, E1 apresentou maior distribuição diamétrica, com sete classes, seguida de E3 com cinco e E2 com quatro. A representação de indivíduos com maiores diâmetros em E1 pode ser resultado a sua proximidade do reservatório de água. As espécies com maiores diâmetros foram: em E1, *Ceiba glaziovii* (7ª classe de diâmetro) com DAP de 0,35 m; em E2, *Schinopsis brasiliensis* (4ª classe) com 0,21 m; e em E3, *Pityrocarpa moniliformis* (5ª classe) com 0,25 m.

Figura 21. Distribuição diamétrica de fustes de indivíduos nativos por hectare, de nove fragmentos florestais na região do Araripe. Sendo: B1, B2 e B3, fragmentos da baixada (Altitude $\leq 600\text{m}$); E1, E2 e E3, fragmentos da encosta ($600 < \text{Altitude} < 750\text{m}$); e C1, C2 e C3, fragmentos da chapada (Altitude $\geq 750\text{m}$).



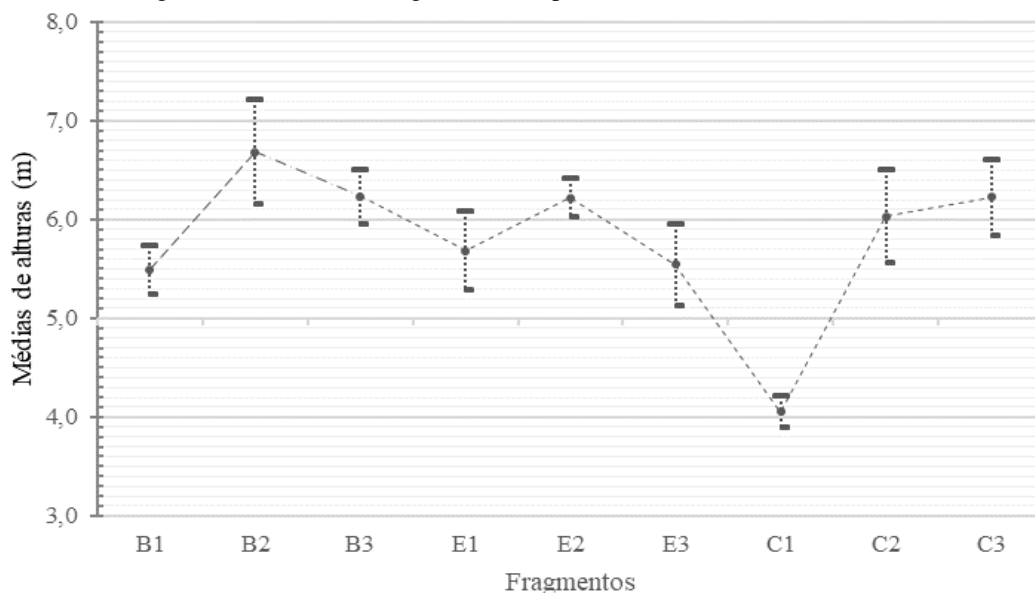
A chapada apresentou maior variação da distribuição diamétrica na região: C1, com menores classes diamétricas e mais de 95% de representatividade de indivíduos no primeiro intervalo; C2, possuindo indivíduos com maiores valores; e C3, com menos representantes na primeira classe de diâmetro que os dois fragmentos. Reforçando o efeito semiaridez sobre a estrutura vegetacional da chapada do Araripe. As espécies com maiores diâmetros foram: em C1, *Campomanesia sp.2* (DAP = 0,14 m); C2, *Combretum glaucocarpum* (DAP = 0,32 m); e C3, *Parkia platycephala* (DAP = 0,27 m).

De maneira geral, pode ser inferido que as áreas da baixada apresentaram indivíduos com maiores diâmetros, se diferenciando, pela fitofisionomia e idade do fragmento. As áreas da encosta possuem menores diâmetros e com pouca variação entre si. Na chapada, a variação ocorreu principalmente no fragmento C1, podendo está relacionado a sua maior semiaridez.

3.3.1.3 Médias de alturas e distribuição vertical

B2 foi o fragmento com maior média de altura ($6,7 \pm 0,5$ m), contudo pode se assemelhar a B3 ($6,2 \pm 0,2$ m), E2 ($6,2 \pm 0,2$ m), C2 ($6,0 \pm 0,5$ m) e C3 ($6,2 \pm 0,4$ m). C1 apresentou menor valores, com intervalo de 3,9 a 4,2 m e erro estimado em $\pm 0,2$ m (Figura 22).

Figura 22. Intervalo de confiança com 95% de probabilidade, das médias de alturas de indivíduos nativos, de nove fragmentos florestais na região do Araripe.



Sendo: B1, B2 e B3, fragmentos da baixada (Altitude ≤ 600 m); E1, E2 e E3, fragmentos da encosta ($600 < \text{Altitude} < 750$ m); e C1, C2 e C3, fragmentos da chapada (Altitude ≥ 750 m).

Na baixada, B1 apresentou menor intervalo de altura (5,2 a 5,7 m), já B2 e B3 podendo se assemelhar. As espécies com maiores alturas foram: em B1, *Schinopsis*

brasiliensis com 16 m; B2, *Schinopsis brasiliensis*, *Amburana cearensis*, *Parapiptadenia zehntneri*, *Aralia warmingiana* e *Myracrodruon urundeuva*, com 18 m; e em B3, *Myracrodruon urundeuva*, com 15 m. *S. brasiliensis* e *M. urundeuva* aparecem com maiores alturas em praticamente todos os fragmentos da baixada, inclusive em B2 que apresenta estratos de altitudes bem definidos.

Na encosta, E2 possui maior média que E3 ($5,5 \pm 0,4$ m), já E1 ($5,7 \pm 0,6$ m) pode se assemelhar as duas áreas. As espécies com maiores alturas foram: *C. glaucocarpum* (16 m) em E1; *S. brasiliensis* (13 m) em E2; e *P. moniliformis* (16 m) em E3.

Na chapada, C1 apresentou menor média de altura, enquanto C2 e C3 podem se assemelhar estatisticamente. As espécies com maiores alturas foram: *Poeppegia procera* em C1 e C2, com 15 e 18 m; e *Parkia platycephala* em C3, com 17 m.

Com relação ao padrão de distribuição vertical, a maioria dos fragmentos apresentam seus indivíduos mais concentrados no estrato intermediário de altura, com exceção de B2, que possui mais de 60% no estrato inferior (Figura 23).

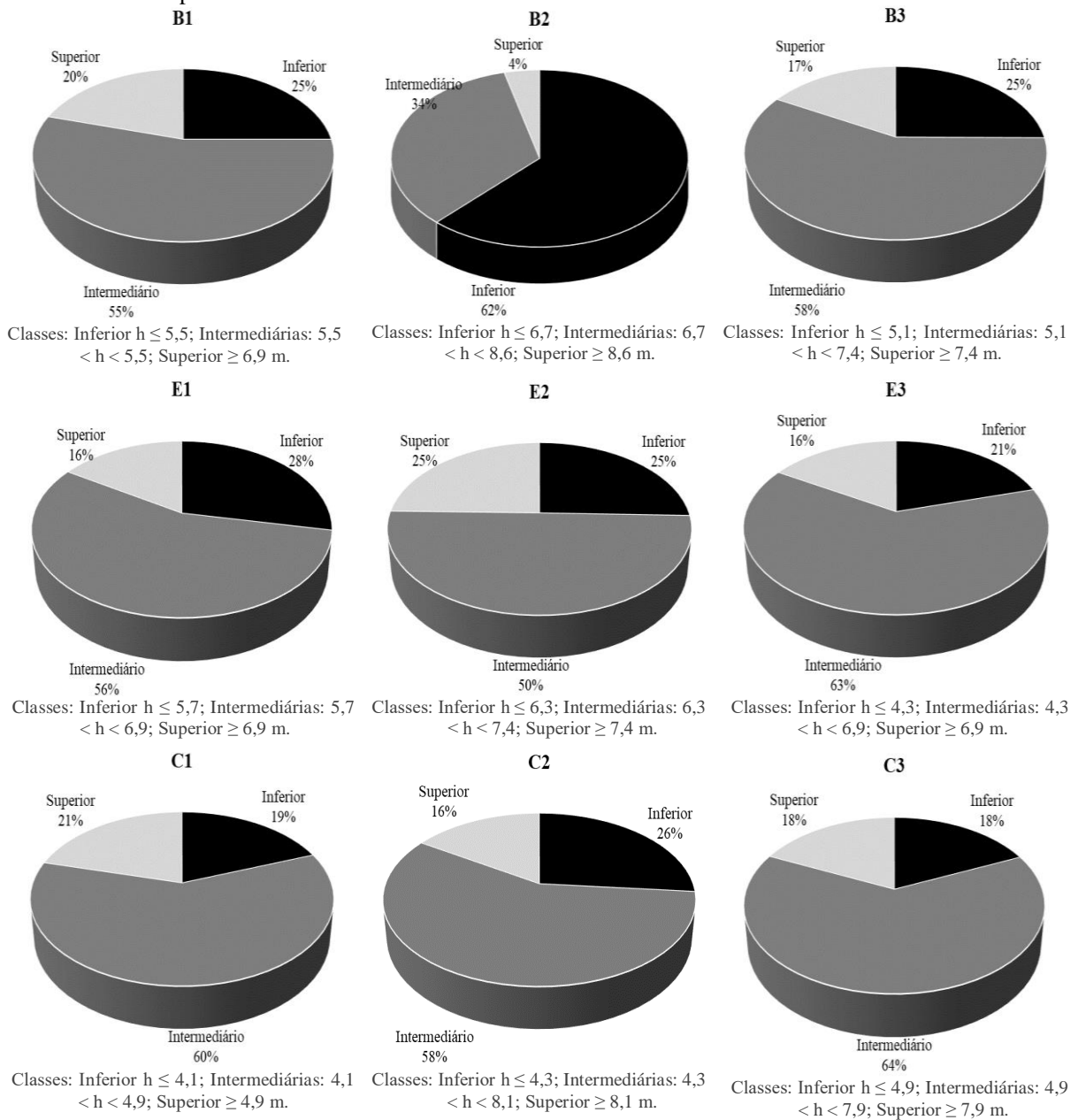
Na baixada, B1 e B3 apresentaram padrões semelhantes, com maior número de indivíduos no estrato intermediário de altura, seguido do estrato superior e inferior, já em B2 o maior percentual foi concentrado na classe inferior. Apesar de B3 se assemelhar a B2 e diferir de B1 em média de altura, ocorre variação na distribuição vertical dos indivíduos entre fragmentos, com B1 se assemelhando a B3, que por sua vez, diferem de B2.

Mais uma vez, resultado que pode ser explicado pelas variações dos fragmentos da baixada, visto que, B1 e B3 possuem o mesmo padrão de distribuição vertical, porém diferentes médias de alturas, provavelmente pela diferença de idade dos fragmentos. Já B2, por pertencer a Caatinga Arbórea, apresenta um sub-bosque denso, o que aumenta a porcentagem de indivíduos no estrato inferior.

Os demais fragmentos, mesmo variando em médias de alturas apresentaram padrões de distribuição vertical semelhantes, com 50% ou mais dos indivíduos no estrato intermediário e uma pequena variação percentual que alterna a ordem das classes inferior ou superior.

A distribuição vertical de indivíduos das espécies mais abundantes dos fragmentos, também apresentam mesmo padrão, com maior representatividade no estrato intermediário de altura.

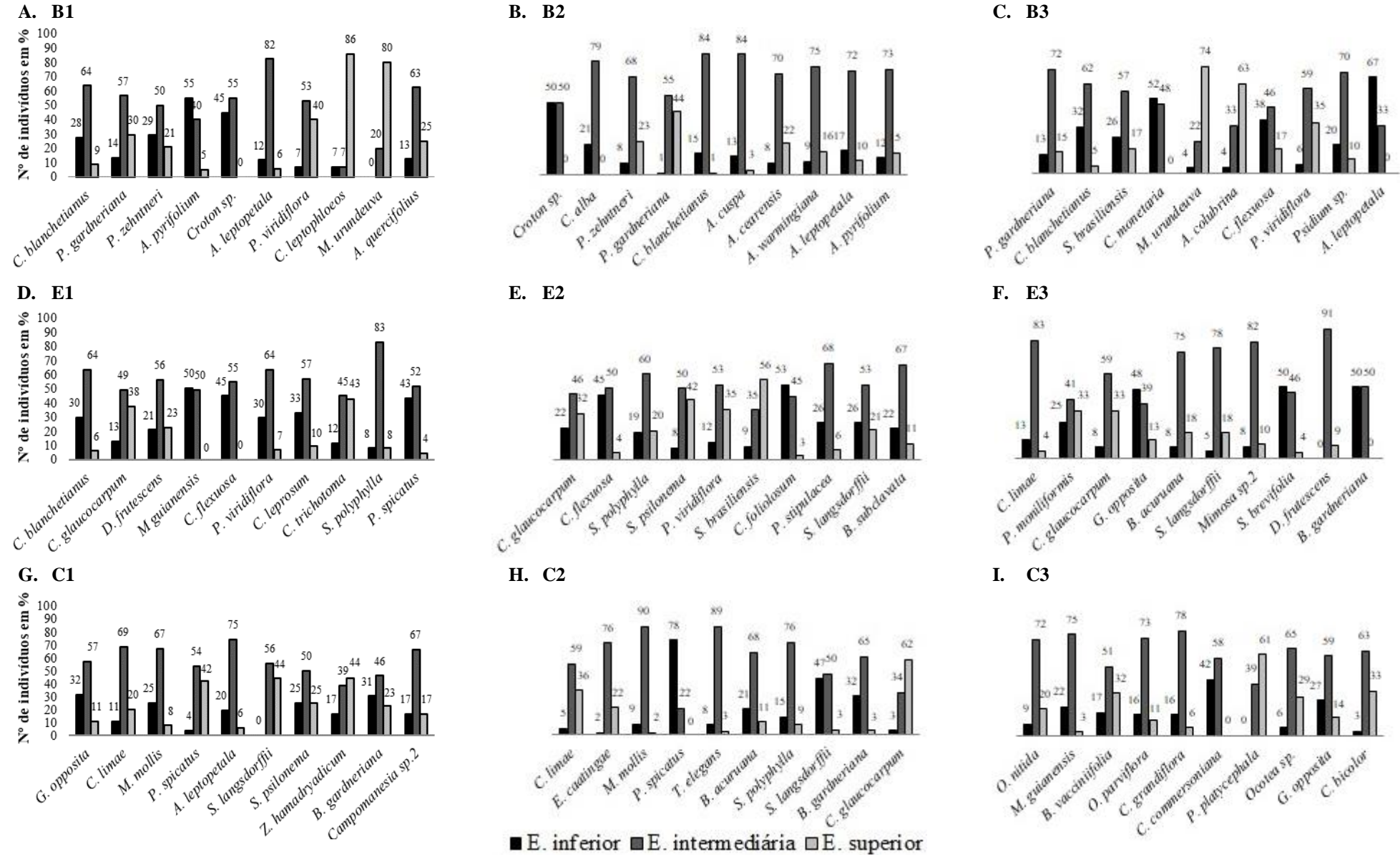
Figura 23. Padrões de distribuição vertical de indivíduos nativos, de nove fragmentos florestais na região do Araripe.



Sendo: B1, B2 e B3, fragmentos da baixada (Altitude ≤ 600 m); E1, E2 e E3, fragmentos da encosta ($600 < \text{Altitude} < 750$ m); e C1, C2 e C3, fragmentos da chapada (Altitude ≥ 750 m).

Das 10 espécies com maior número de indivíduos em cada área, só apresentaram maior percentagem de indivíduos no estrato superior: na baixada, *Commiphora leptophloeos* em B1, *Anadenanthera colubrina* em B3 e *Myracrodruon urundeuva*, em B1 e B3; na encosta, apenas *Schinopsis brasiliensis* em E2; e na chapada, *Combretum glaucocarpum* em C2 e *Parkia platycephala* em C3 (Figura 24).

Figura 24. Padrões de distribuição vertical de indivíduos de espécies lenhosas nativas, de nove fragmentos florestais na região do Araripe. Sendo: B1, B2 e B3, fragmentos da baixada (Altitude $\leq 600\text{m}$); E1, E2 e E3, fragmentos da encosta ($600 < \text{Altitude} < 750\text{m}$); e C1, C2 e C3, fragmentos da chapada (Altitude $\geq 750\text{m}$).



C. leptophloeos, *A. colubrina* e *S. brasiliensis*, possuem poucos ou nenhum indivíduo na classe inferior de altura em quase todos os fragmentos que ocorrem, com exceção de B3, que é considerada a área com menor idade. Possa ser que essas espécies sejam pioneiras e extremamente intolerantes a sombra, só se desenvolvendo na fase inicial de formação do fragmento. O mesmo ocorre com *P. platycephala* que não apresenta indivíduos na classe inferior em C3.

M. urundeuva não teve representantes no estrato inferior em B1 e B2, e apenas 4% em B3. No caso desta, pode haver algo a mais que a autoecologia da espécie, visto que, mesmo em área considera jovem (B3, aproximadamente 25 anos de idade) é mais representada na classe intermediária ou superior de altura.

Por ser legalmente protegida contra o corte, esses indivíduos com maiores alturas podem ser remanescentes que sobreviveram a antigas explorações. A ausência de indivíduos na classe inferior liga um alerta para sua conservação, visto que sua renovação no fragmento está comprometida. Desta forma a espécie *M. urundeuva* merece maior atenção por parte de pesquisadores e órgãos ambientais para evitar que a mesma seja instinta no futuro.

C. glaucocarpum, de todos os fragmentos em que ocorre (B1, B2, E1, E2, E3, C1 e C2) só apresenta maior representatividade de indivíduos no estrato superior de altura em C2, podendo ser justificado por ser uma espécie mais ocorrente em áreas com clima mais seco (encosta), apresentando comportamento diferenciado onde há maior incidência de chuvas.

Coutarea alba em B2, *Combretum monetaria* e *Annona leptopetala* em B3, *Croton sp.* em B1 e B2, *Myrcia guianensis* e *Cynophalla flexuosa* em E2, *Byrsonima gardneriana* em E3, *Pilocarpus spicatus* em C2 e *Casearia commersoniana* em C3, não apresentaram indivíduos no estrato superior de altura desses fragmentos ou pouquíssimos nos outros que ocorrem. Podendo ser inferido que estas, fazem parte do sub-bosque das áreas a que pertencem.

Na baixada, foi observado que o *C. blanchetianus*, apresenta 91, 99 e 95% dos indivíduos concentrados nos estratos intermediário e inferior de altura em B1, B2 e B3. Esse resultado, leva a inferir que atualmente existem poucos exemplares da espécie com portes mais elevados, contudo a mesma apresenta um bom estoque em estágios iniciais ou intermediário de sucessão e com passar do tempo poderão compor o estrato superior de altura.

P. gardneriana, possui 86, 99 e 87% da densidade populacional concentrados na classe intermediária e superior de altura de B1, B2 e B3. Podendo ser inferido que a mesma se encontra em estágio mais avançado de sucessão, porém com baixa representatividade de

indivíduos no estrato inferior em B2, que pode ser resposta ao tipo de fitofisionomia, onde o maior sombreamento no sub-bosque dificulta a regeneração de espécies exigentes por luz.

De maneira geral, na baixada, o estrato superior de altura possui grande representatividade de indivíduos das espécies *Piptadenia viridiflora*, *Poincianella gardneriana*, *Parapiptadenia zehntneri*, *Myracrodruon urundeuva*, *Commiphora leptophloeos* e *Anadenanthera colubrina*. No estrato intermediário as espécies *Croton blanchetianus*, *Annona leptopetala*, *Aspidosperma cuspa* e *Cynophalla flexuosa*. E, o sub-bosque composto por *Aspidosperma pyriformium*, *Croton sp.*, *Coutarea alba* e *Combretum monetaria*.

Pensando na conservação da biodiversidade, as espécies lenhosas mais indicadas para manejo florestal de corte seletivo são as que apresentam indivíduos com boa representação nas três classes de altura (*C. blanchetianus*, *P. gardneriana* e *P. zehntneri*), visto que atenderão as necessidades presentes e futuras, de forma que não provoque sua extinção.

C. blanchetianus em E1, apresentou o mesmo padrão das áreas da baixada, com mais de 90% de seus indivíduos nas classes inferior e intermediária de altura. Ainda em E1, *M. guianensis* e *C. flexuosa* não tiveram representantes no estrato superior, sendo todas encontradas no sub-bosque do fragmento. Já *C. glaucocarpum*, *C. trichotoma* e *D. frutescens* foram as mais representativas no maior estrato, podendo serem consideradas espécies clímax no fragmento.

Em E2, *C. foliolosum* se diferenciou das demais por concentrar a maioria dos indivíduos na classe inferior de altura. Que pode ser justificado por a mesma possuir pequeno porte ou está em estágio inicial de sucessão. Já *S. brasiliensis* foi a mais representada no estrato superior, podendo ser considerada como espécie dominante na cobertura florestal. As espécies mais dominantes no estrato superior do fragmento foram *S. brasiliensis*, *S. psilonema*, *C. glaucocarpum* e *P. viridiflora*.

Em E3, houve maior concentração das espécies *G. opposita*, *S. brevifolia* e *B. gardneriana* nos estratos inferiores de altura e maior representatividade de *P. moniliformis* e *C. glaucocarpum* no estrato superior.

Na chapada, a maioria das espécies também concentraram mais indivíduos no estrato intermediário de altura. Em C1 apenas *Zanthoxylum hamadryadicum* apresentou mais na classe superior. Ainda nesse fragmento *S. langsdorffii* não possui indivíduos na classe inferior de altura, o que pode ser preocupante na manutenção da espécie no fragmento, visto que a mesma não apresenta estoque na fase inicial de desenvolvimento. Apesar de *P. spicatus*, *Z.*

hamadryadicum e *S. langsdorffii* concentrarem boa parte de seus indivíduos no estrato superior de altura, não fica evidente uma boa estratificação vertical, principalmente pelo baixo porte característico da fitofisionomia (Carrasco).

Em C2 *Combretum glaucocarpum* foi a única espécie com maior percentual dos indivíduos no estrato superior de altura. *Croton limae*, também se encontra bem representado nesse estrato, podendo ser consideradas em níveis de sucessão mais avançados. Já *Pilocarpus spicatus*, não teve representante no estrato inferior, podendo ser considerada como parte integrante do sub-bosque ou em estágio inicial de desenvolvimento.

No fragmento C3, *Parkia platycephala* apresentou mais de 60% de seus indivíduos no estrato superior e nenhum representante no inferior, podendo ser justificado por ser uma espécie clímax, extremamente exigente de luminosidade. Como o fragmento apresenta característica perenifólia e estratos sociológicos bem definidos, a mesma desenvolve em busca de luz não sendo encontrada em áreas sombreadas, que são menores classes de alturas.

Casearia commersoniana não apresentou indivíduos no estrato superior, podendo ser considerada como intolerante, ou com pouca tolerância a luz, sendo encontrada sombreada nos estratos inferiores de altura. O estrato superior da área C3 é praticamente composto por indivíduos de *Parkia platycephala*, *Cordia bicolor*, *Byrsonima vacciniifolia* e *Ocotea nitida*.

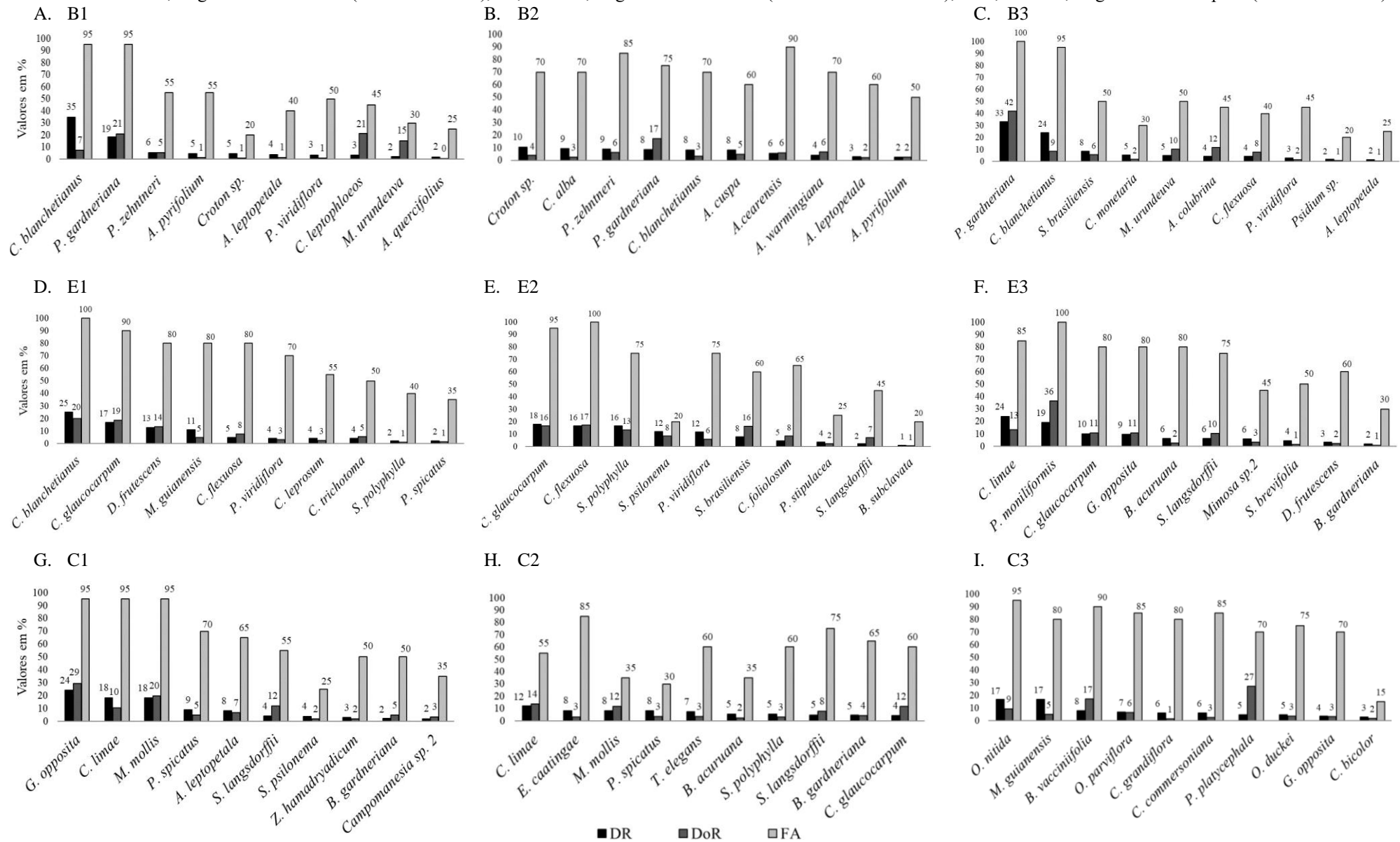
3.3.1.4 Parâmetros fitossociológicos

Ao ser considerado os maiores valores de DR (Densidade Relativa) é constatado variação na representatividade de espécies por fragmento, principalmente, pelos estratos de altitude. Das 10 espécies com maiores DR de cada área, nenhuma se destaca comumente em todos os fragmentos, sendo o maior compartilhamento dentro do mesmo ambiente, em especial na baixada (Figura 25).

Das 10 espécies com maior DR por fragmento, nenhuma ocorre comumente em mais de um nível de altitude. A *Guapira opposita* por exemplo, mesmo sendo encontrada em todas as áreas, só aparece com abundância e boas Frequências absoluta (FA) em E3 da encosta e C1 e C3 da chapada, ou seja, mesmo sendo adaptada as variações ambientais mostra preferência a maiores altitudes.

Já a *Annona leptopetala*, que está presente em oito dos nove fragmentos, se destaca em B1, B2 e B3 da baixada e C1 da chapada, com maiores FA em B2 e C1, mostrando pouca exigência ou preferência da espécie por extrato de altitude.

Figura 25. Densidade relativa (DR), Dominância relativa (DoR) e Frequência absoluta (FA) de espécies lenhosas nativas em nove fragmentos florestais na região do Araripe. Sendo: B1, B2 e B3, fragmentos da baixada (Altitude $\leq 600\text{m}$); E1, E2 e E3, fragmentos da encosta ($600 < \text{Altitude} < 750\text{m}$); e C1, C2 e C3, fragmentos da chapada (Altitude $\geq 750\text{m}$).



As espécies com maiores DR na baixada e encosta foram: *Piptadenia viridiflora*, em B1, B3, E1 e E2, sendo com maior FA na encosta e baixa Dominância Relativa (DoR) nos dois ambientes; *Schinopsis brasiliensis* em B3 e E2, com FA de 50 e 60% e maior DoR em E2 da encosta; *Cynophalla flexuosa* em B3, E1 e E2, porém com maior FA em E1 e E2; e *Croton blanchetianus* nas três áreas da baixada e E1 da encosta.

As que se destacaram comumente na encosta e chapada foram: *Croton limae* em E3, C1 e C2, com maior FA em E3 e C1 e maior DoR em C2; *Combretum glaucocarpum* nas três áreas da encosta e C2, com maiores FA em E1 e E2 e tendendo a diminuir em maiores altitudes, E3 e C2; *Senegalia polyphylla* em E1, E2 e C2, com maior FA na última; *Swartzia psilonema* em E2 e C1, com baixas FA e maior DR e DoR em E2; *Senegalia langsdorffii* em E2, E3, C1 e C2, com maior FA em E2 e C2; e *Byrsonima gardneriana* em E3 e C1.

No ambiente baixada, o fragmento B2 apresentou maior densidade e dominância absoluta (DA de 2.136 ind.ha⁻¹ e DoA de 14,1 m².ha⁻¹), já B1 mesmo apresentando menor DA (872 ind.ha⁻¹) possui maior DoA (9,01 m².ha⁻¹) que B3 (DA de 1.106 ind.ha⁻¹ e DoA de 5,5512 m².ha⁻¹) (Apêndices 2, 3 e 4).

Das 10 espécies com maior DR em B1, *Croton blanchetianus* e *Poincianella gardneriana*, representam mais de 50% da DR de toda comunidade. Essas duas espécies estão distribuídas praticamente em todo fragmento, com FA de 95%. Com relação a área basal, apesar da *P. gardneriana* possuir menor abundância, apresentou maior DoR que o *C. blanchetianus*, sendo justificado por a mesma apresentar indivíduos com maiores diâmetros e mais ramificações.

As espécies *Commiphora leptophloeos* e *Myracrodruon urundeuva*, mesmo com baixas densidades, apresentam elevados diâmetros, elevando seus Valores de Cobertura (VC) e Valor de Importância (VI). *Parapiptadenia zehntneri*, *Aspidosperma pyrifolium* e *Piptadenia viridiflora*, foram encontradas em mais de 50% da área, contudo representas por poucos indivíduos.

Diferentemente de B1, a área B2 apresentou maior equilíbrio dos parâmetros fitossociológico, não concentrando maior parte dos indivíduos em duas espécies. Das espécies com maiores DR, *P. gardneriana* foi quem apresentou maior dominância, com área basal de 2,39 m².ha⁻¹. Já as espécies *Croton sp.* e *Coutarea alba*, apesar da elevada DR, por apresentarem pequenos diâmetros, possuem baixas DoR. Todas as 10 espécies apresentaram mais de 50% de FA, significando boa distribuição das espécies em todo o fragmento e maior diversidade florística por m².

B3 apresentou padrão parecido com B1, com mais de 50% de seus indivíduos concentrados nas espécies *P. gardneriana* e *C. blanchetianus* e as duas podendo ser encontradas praticamente em todo fragmento, com FA de 100% e 95%. Mais uma vez, a *P. gardneriana*, além do grande número de indivíduos apresenta a maior dominância (2,3320 $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$), o que pode ser justificado pelos diâmetros mais expressivos e maior ramificação de fustes. As espécies *A. colubrina*, *M. urundeuva* e *C. flexuosa* por seus maiores diâmetros, apesar da baixa DR apresentaram elevados valores de DoR.

Em B1 e B3, mais de 50% de seus indivíduos estão concentrados em apenas duas espécies (*Croton blanchetianus* e *Poincianella gardneriana*), já em B2 ocorreu melhor distribuição de indivíduos, sendo necessário seis espécies (*Croton sp.*, *Coutarea alba*, *Parapiptadenia zehntneri*, *Poincianella gardneriana*, *Croton blanchetianus* e *Aspidosperma cuspa*) para atingir o mesmo percentual de DR.

As espécies *C. blanchetianus*, *P. gardneriana*, *M. urundeuva* e *P. viridiflora* aparecem com densidade significativas nos três fragmentos, podendo assim serem consideradas com potencial para utilização em futuros planos de manejo e projetos conservacionistas nesse estrato de altitude.

Croton sp., *P. zehntneri* e *A. cearensis* apresentam maiores densidade apenas em B1 e B2. A ausência dessas espécies em B3, provavelmente está associada a idade do fragmento, que ainda se encontra em processo de recuperação. Já as espécies que se destacam com exclusividade em B2 pode estarem associadas a fitofisionomia e maior umidade da área, ocorrendo assim, de forma local.

Na encosta, foi estimado: para E1, DA de 2.064 $\text{ind}.\text{ha}^{-1}$ e DoA de 9,4843 m^2 ; E2, DA de 1.688 $\text{ind}.\text{ha}^{-1}$ e DoA de 6,12 $\text{m}^2.\text{ha}$; e E3, DA de 1.314 $\text{ind}.\text{ha}^{-1}$ com DoA de 6,35 $\text{m}^2.\text{ha}$. O fragmento E3 mesmo apresentando menor Densidade apresentou maior dominância absoluta que E2 (Apêndices 5, 6 e 7).

Em E1, as 10 espécies com maiores DR representam 88% dos indivíduos e 79% da área basal de toda comunidade, sendo 66% da DR e 57% da DoR concentrado apenas nas quatro primeiras espécies. Nesse fragmento, *C. glaucocarpum*, *D. frutescens*, *C. flexuosa* e *C. trichotoma* apresentaram DoR superior a DR, resultado de espécies com indivíduos com diâmetros mais elevados ou maiores ramificações de fustes. O contrário acontece com as demais espécies, que apresentam muitos indivíduos, porém com pequenos diâmetros. *C. blanchetianus* e *C. glaucocarpum*, podem ser encontrados em toda área com FA 100 e

90%. Com exceção de *S. polyphylla* e *P. spicatus* todas as espécies apresentaram boa distribuição no fragmento, com 50% ou mais de FA.

Em E2, as 10 espécies com maiores DR representam aproximadamente 94% da DR e 96% da DoR de toda comunidade. Nessa área ocorre maior distribuição de indivíduos por espécies, visto que, das 10 mais abundantes, seis apresentam mais de 100 ind.ha⁻¹. Com relação aos valores de DoR, são observadas espécies que se destacam por apresentarem maiores diâmetros (*S. brasiliensis*), elevada densidade (*C. glaucocarpum*, *C. flexuosa*, *S. polyphylla* e *S. psilonema*) ou ramificações de fustes (*C. foliolosum* e *S. langsdorffii*). *C. flexuosa* e *C. glaucocarpum* se apresentaram mais distribuídas no fragmento com FA de 100 e 95%.

Já as espécies com destaque em DR de E3, representam 90% da DR e 92% da DoR de toda comunidade. Nas quatro espécies com maiores DR são estimados aproximadamente 63% da DR do fragmento. Com destaque para *P. moniliformis*, que apresenta elevada DA e dominância, estando presente em todo o fragmento com FA de 100%. O contrário acontece com *S. langsdorffii*, que possui considerável valor de DoR e baixa DR, motivado principalmente por possuir indivíduos muito ramificados. Com exceção de *B. gardneriana* e *Mimosa sp.2*, todas as espécies estão bem distribuídas em todo o fragmento, com 50% ou mais de FA.

Nesse ambiente (Encosta) é percebido uma maior variação das espécies dominantes por área, se destacando em ordem decrescente: em E1 *C. blanchetianus*, *C. glaucocarpum*, *D. frutescens* e *M. guianensis*; em E2, *C. glaucocarpum*, *C. flexuosa*, *S. polyphylla*, *S. psilonema* e *P. viridiflora*; e E3, *C. limae*, *P. moniliformis* e *C. glaucocarpum*. *C. glaucocarpum* foi a única espécie que se destacou nos três fragmentos. *C. blanchetianus*, apesar da elevada DA ocorreu com exclusividade em E1, acontecendo o mesmo com *P. moniliformis*, sendo restrita a E3 e *S. psilonema* a E2. *C. limae*, apesar de ocorrerem nas três áreas só se destacou em E3.

Na chapada, C3 apresentou maior DA (2.092 ind.ha⁻¹) e DoA (14,0 m².ha⁻¹), seguido de C2 com DA de 1.414 ind.ha⁻¹ e DoA de 7,45 m².ha⁻¹, C1 com DA de 1.288 ind.ha⁻¹ e DoA de 5,14 m².ha⁻¹ (Apêndices 8, 9 e 10).

As 10 espécies com maiores DR em C1 representam 92% da DR e 94% da DoR de toda comunidade. Aproximadamente 60% da densidade de indivíduos e área basal de todo fragmento se concentram em apenas três espécies (*G. opposita*, *C. limae* e *M. mollis*), que se distribuem quase em todo o fragmento com 95% de FA. A maior dominância dessas três espécies, não são resultados de diâmetros elevados, mas principalmente pelas ramificações

dos fustes de seus indivíduos. O mesmo ocorrendo com *S. langsdorffii*, que apesar de possuir baixa DR, apresenta expressivo valor de DoR.

Em C2 as espécies em destaque com maiores DR representam aproximadamente 68% da DR e 64% da DoR de toda comunidade. Nessa área ocorre menor variação dos parâmetros fitossociológicos entre as espécies, sendo necessário juntar as sete espécies com maiores DR e nove com maiores DoR para se obter 50% de representatividade da comunidade. Também não houve espécies com ocorrência em todo fragmento, sendo a *E. caatingae* e *S. langsdorffii* as mais bem distribuídas com FA de 85 e 75%. *C. limae*, *M. mollis*, *P. spicatus* e *B. acuruana* apresentaram baixas FA, tendendo a se distribuírem em locais específicos.

Podendo ser justificado por a área possuir uma nítida transição em seu interior, sendo uma parte composta por árvores de elevado porte, com sub-bosque mais limpo e outro trecho com porte de baixo a intermediário, com sub-bosque sujo e presença de muitas lianas. Essas condições podem propiciar diferentes nichos ecológicos para espécies.

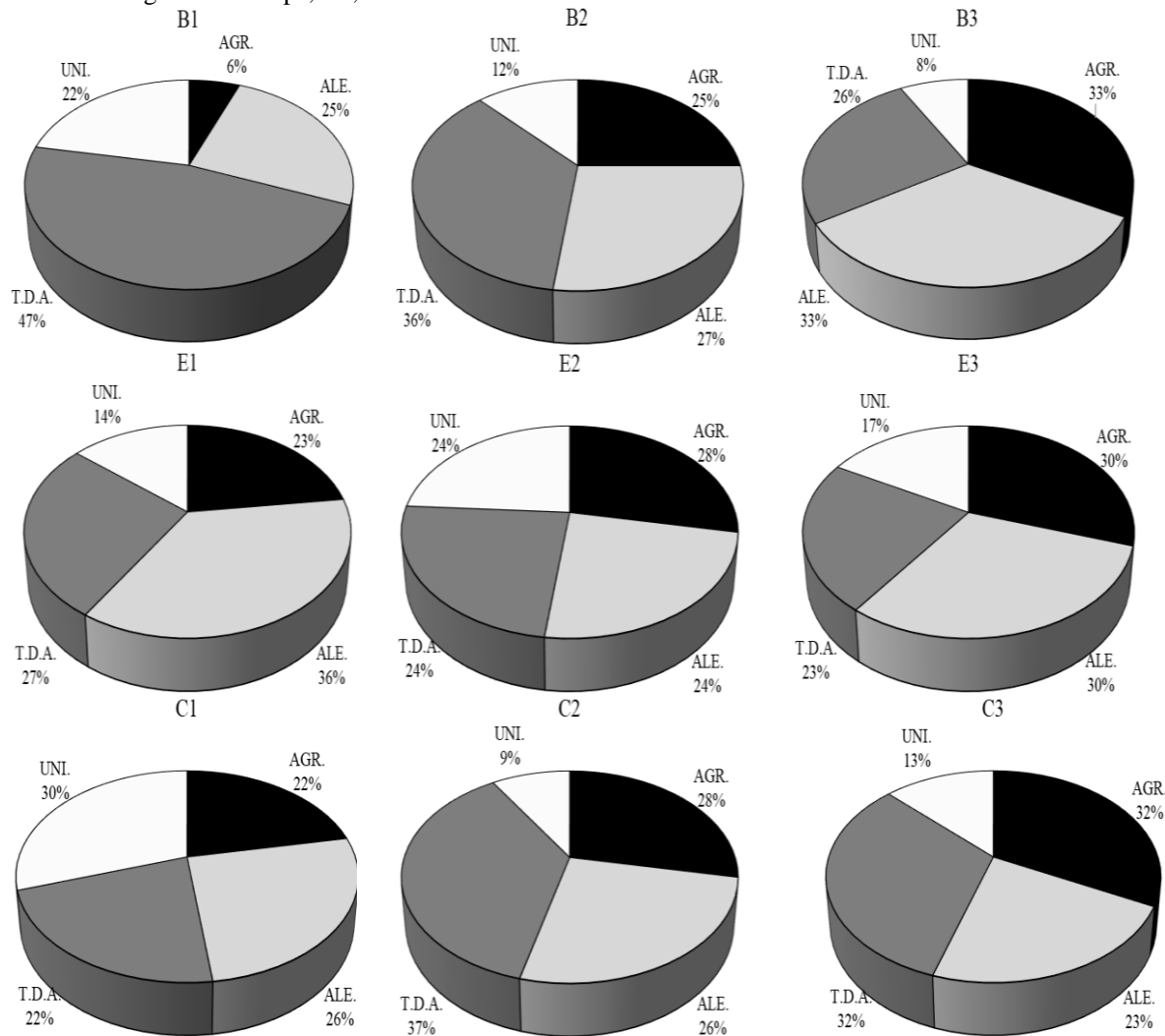
Em C3, as espécies em destaque representam aproximadamente 76% da DR e 77% da DoR de toda comunidade. *Ocotea nitida* e *Matayba guianensis* se destacaram com maiores valores de DA com 352 e 350 ind.ha⁻¹. As demais espécies apresentaram pouca variação na distribuição de indivíduos. Com exceção de *C. bicolor*, as espécies se encontram bem distribuídas em todo o fragmento apresentando FA $\geq 70\%$, com destaque para *O. nitida* com 95%. *B. vacciniifolia* e *P. platycephala* apresentaram maiores diâmetros e ramificações, representando juntas 44% de toda área basal da comunidade.

Como na encosta, a chapada apresenta elevada heterogeneidade de espécies dominantes entre áreas. Das 10 espécies com maiores densidades, apenas a *G. opposita* é encontrada nos três fragmentos, sendo com maior destaque em C1. *C. limae*, *M. mollis* e *P. spicatus* pertencem somente a C1 e C2, sendo a primeira e segunda com maior ocorrência em C1. *O. nitida*, *M. guianensis*, *B. vacciniifolia*, *O. parviflora* e *C. grandiflora*, ocorrem e se destacam com exclusividade em C3.

3.3.1.4 Distribuição espacial

Analisando o padrão de distribuição espacial, é verificado considerável heterogeneidade entre fragmentos, contudo a maioria possui mais de 50% das espécies agrupadas ou com tendência de agrupamento (AGR + T.D.A.) (Figura 26).

Figura 26. Padrões de distribuição espacial de espécies lenhosas nativas, de nove fragmentos florestais na região do Araripe, PE, Brasil.



Sendo: B1, B2 e B3, fragmentos da baixada (Altitude ≤ 600 m); E1, E2 e E3, fragmentos da encosta ($600 < \text{Altitude} < 750$ m); C1, C2 e C3, fragmentos da chapada (Altitude ≥ 750 m); ALE, distribuição espacial aleatória; AGR, distribuição espacial agrupada; T.D.A., tendência de agrupamento; e UNI, distribuição espacial uniforme.

No ambiente baixada os três fragmentos apresentam padrões distintos, em que somando as espécies agrupadas e as com tendência de agrupamento (AGR + T.D.A.), B2 apresentou maior porcentagem (61%), seguido de B3 (59%) e B1 (53%). Em contrapartida, B1 possui maior e B3 o menor percentual de espécies com distribuição uniforme.

Essas variações podem ser justificadas pelas variações sucessionais, fitofisionômicas e idades dos fragmentos. O maior percentual de espécies agrupadas e com tendências de agrupamento (AGR + T.D.A.) em B2 pode ser resposta a maior estratificação sucessional do fragmento, uma vez que são formados diferentes nichos ecológicos em que vários grupos de espécies tendem a se agruparem em locais que as ofereçam melhores condições para sobreviverem.

Já em B3, pode ser resultado da pouca idade do fragmento (aproximadamente 25 anos), visto que o mesmo se encontra em desenvolvimento e as espécies ainda em processo de disseminação. O que também justifica B3 possuir o maior número de espécies com distribuição aleatória e o menor se distribuindo uniformemente.

Um exemplo na influência da variação fitofisionômica nos padrões de distribuição espacial das espécies podem ser verificados através de *Croton blanchetianus* e *Poincianella gardneriana*, visto que em B1 e B3 (Caatinga Arbustiva-Arbórea) estas se encontram agrupadas ou com tendência de agrupamento em 95 a 100% do fragmento. Já em B2 as mesmas espécies estão agrupadas em 70 e 75%, ou seja, nesse fragmento ocorre maior variação microclimática que diferenciam os nichos ecológicos para o estabelecimento e desenvolvimento dessas espécies.

A encosta foi o ambiente com menor variação dos padrões de distribuição espacial entre fragmentos, em que E1, E2 e E3 porcentagem de espécies agrupadas e com tendência de agrupamento (AGR + T. D.A.) de 50, 52 e 53%. As diferenças ficam mais evidentes a ser avaliado por espécie, em que as com maiores DA e FA variam de acordo com o fragmento.

Em E1 as espécies *Croton blanchetianus* e *Combretum glaucocarpum*, que são as com maiores DA, estão agrupadas em aproximadamente 100 e 90% do fragmento.

Em E2, mais uma vez pode ser encontrado *C. glaucocarpum* agrupada e 95% e *Cynophalla flexuosa* em 100% da comunidade.

Já em E3, a espécie *Pityrocarpa moniliformis* ocorre agrupada em todo o fragmento e *Croton limae* em apenas 80%. Diferentemente de E1 e E2, nesse fragmento a espécie *C. glaucocarpum* está representada em apenas 80% da comunidade, que pode ser justificado por ser uma área muito inclinada que gera diferentes nichos para distribuição das espécies.

C2 e C3 da chapada apresentaram os maiores percentuais de espécies agrupadas ou com tendência de agrupamento, sendo o primeiro AGR de 28% e T.D.A de 37% e o segundo 32 e 32%. Neste ambiente também está a área com menor porcentagem de espécies com esse comportamento, C1, possui 22% AGR e 22% com T.D.A.

Por C2 apresentar transição em seu interior, com duas distintas composições e estruturas da vegetação, as espécies tendem a se agrupar onde encontram melhores meios para se desenvolverem. Prova disso, são as baixas FA das espécies, mesmo das com destaque em DA. *Croton limae* por exemplo, apresenta a maior DA (170 Ind.ha⁻¹), porém FA de 55%, estando agrupada na parte mais seca e aparentemente mais degradada do fragmento. Já *Metrodorea mollis* (FA 35%; DA 116 Ind.ha⁻¹) e *Pilocarpus spicatus* (FA 35%; DA 116

Ind.ha⁻¹) se agrupam no sub-bosque da parte mais úmida, onde estão as árvores com maiores portes.

Já em C3, das 10 espécies com maiores DA apenas *Cordia bicolor* está agrupada em local específico do fragmento com apenas 15% de FA. As demais espécies ocorrem AGR ou com T.D.A., porém bem distribuídas no fragmento com FA $\geq 70\%$.

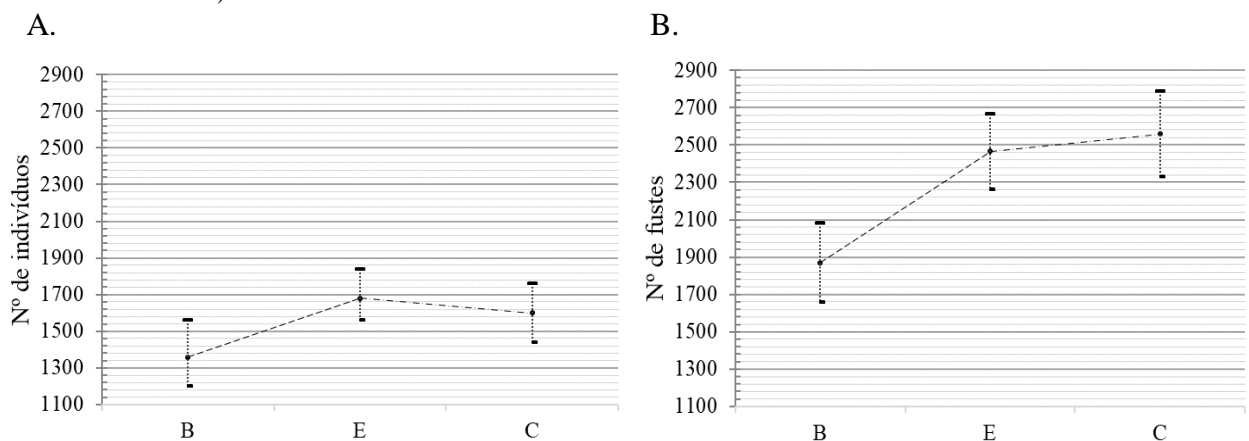
Apesar dos padrões de distribuição espacial das espécies serem parecidos, as variações ficam mais evidenciadas ao ser confrontado aos valores de frequência absoluta por espécie, o que revela a existência de variados nichos ecológicos que influenciam nos padrões de agregação.

3.3.2 Inferências sobre os estratos de altitude

Ao ser considerado os fragmentos como repetições do estrato de altitude, como forma de se obter a maior representatividade do ambiente, é possível diagnosticar e discutir algumas variações com base nos parâmetros fitossociológicos.

Analisando a densidade absoluta (DA) de indivíduos por exemplo, pode ser verificado que os três níveis de altitude podem se assemelham estatisticamente, sendo encontrado: na baixada, de 1.201 a 1.542 ind.ha⁻¹; encosta, de 1.542 a 1.836 ind.ha⁻¹; e chapada, de 1.443 a 1.753 ind.ha⁻¹ (Figura 27.A). Resultado muda ao ser considerado as ramificações dos fustes dos indivíduos, apresentando a baixada menor número de fustes (I.C.1.658 a 2.085 ind.ha⁻¹). Já a encosta (I.C. 2.264 a 2.668 fustes.ha⁻¹) e chapada (I.C. 2.330 a 2.790 ind.ha⁻¹) com probabilidade de se assemelham (Figura 27.B).

Figura 27. Intervalo de confiança com 95% de probabilidade: A. do número de indivíduos; e B. número de fustes de indivíduos lenhosos nativos por hectare, em três estratos de altitudes na região do Araripe. Sendo: B, baixada (Altitude ≤ 600 m); E, encosta ($600 < \text{Altitude} < 750$ m); e C, chapada (Altitude ≥ 750 m).

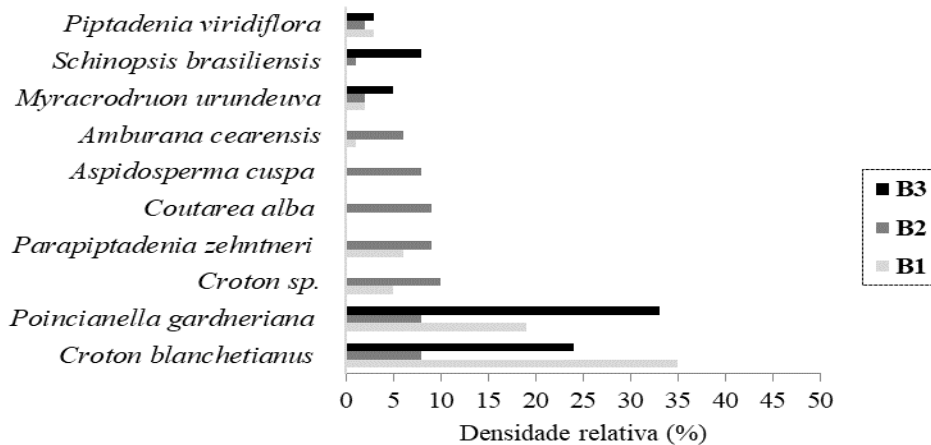


Pode ser inferido que todos os ambientes (B, E e C) diferem ao serem analisados com ou sem as ramificações dos fustes. Ou seja, a escolha na utilização das variáveis, fustes ou indivíduos, podem apresentar resultados diferentes, sendo indicado em inventários o uso de ambos ou aquele que atenda melhor o objetivo. Por exemplo, para fins ecológicos, indivíduos e em planos de manejo econômicos, fustes.

Apesar dos três ambientes poderem se assemelhar estatisticamente em número de indivíduos, ocorre variação das espécies com maior abundância entre níveis de altitudes.

Na baixada as 10 espécies com maiores DR, representam 71% do todos os indivíduos de B1, 64% de B2 e 74% de B3. Nesse ambiente houve predominância de *Croton blanchetianus* e *Poincianella gardneriana*, que se destacaram nos três fragmentos, sendo mais evidenciado em B1 e B3, com mais de 50% da DR da comunidade (Figura 28).

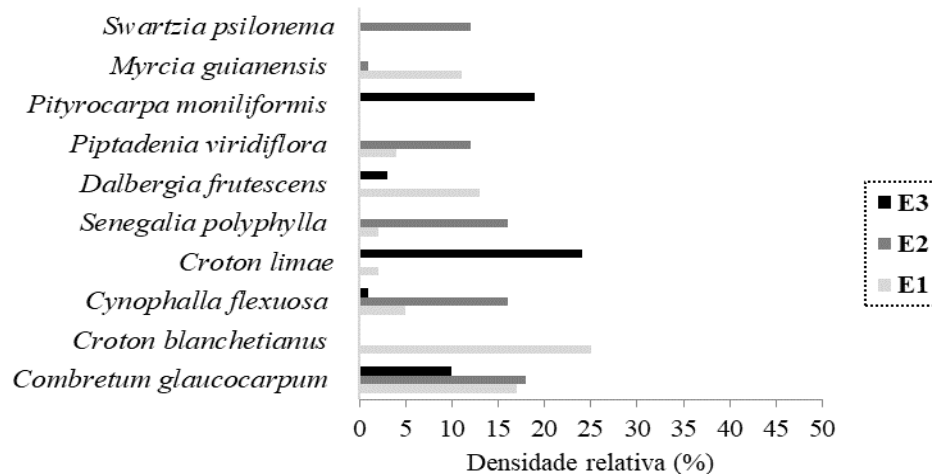
Figura 28. Espécies lenhosas nativas com maiores densidades relativa (DR), em três fragmentos florestais do ambiente baixada (Altitude \leq 600 m) na região do Araripe, PE.



Dessas espécies com maiores DR na baixada, cinco (*Croton blanchetianus*, *Poincianella gardneriana*, *Myracrodruon urundeuva*, *Schinopsis brasiliensis* e *Piptadenia viridiflora*) estão presentes nos três fragmentos. *Croton sp.*, *Parapiptadenia zehntneri* e *Amburana cearensis* só ocorrem em B1 e B2, e *Coutaria alba* e *Aspidosperma cuspa* só são encontradas em B2.

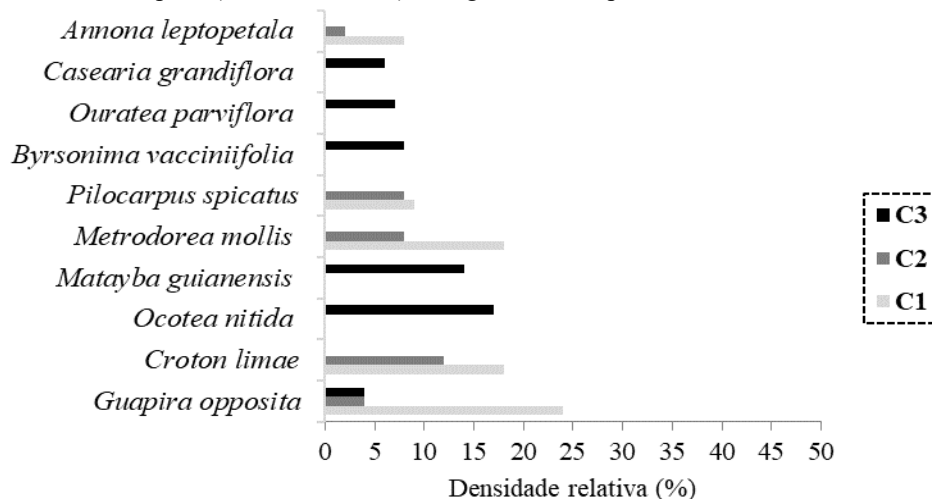
Já na encosta é verificado maior heterogeneidade entre áreas, visto que, das 10 espécies com maiores DR, apenas *Combretum glaucocarpum* e *Cynophalla flexuosa* ocorrem nos três fragmentos. *Croton limae* e *Dalbergia frutescens* em E1 e E3, *Senegalia polyphylla*, *Piptadenia viridiflora* e *Myrcia guianensis* em E1 e E2, *Croton blanchetianus* em E1, *Swartzia pylonema* em E2 e *Pityrocarpa moniliformis* em E3 (Figura 29).

Figura 29. Espécies lenhosas nativas com maiores densidades relativa (DR), em três fragmentos florestais do ambiente encosta (600 < Altitude < 750 m) na região do Araripe, PE.



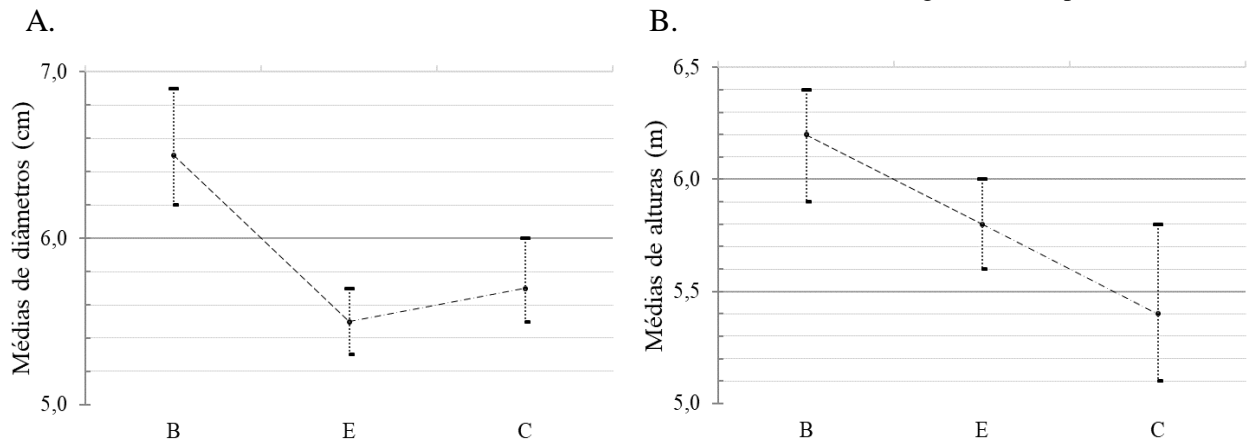
A chapada foi o ambiente com maior variação de espécies dominantes entre fragmentos, em que das 10 espécies mais ocorrentes, apenas a *Guapira opposita* foi encontrada nos três fragmentos. C1 e C2 compartilharam maior número de espécies, com abundância de indivíduos (*Croton limae*, *Metrodorea mollis*, *Pilocarpus spicatus* e *Annona leptopetala*), já em C3, com exceção da *G. opposita*, todas diferiram, sendo exclusivas do fragmento (*Ocotea nitida*, *Matayba guianensis*, *Byrsonima vacciniifolia*, *Ouratea parviflora* e *Casearia grandiflora*) (Figura 30).

Figura 30. Espécies lenhosas nativas com maiores densidades relativa (DR), em três fragmentos florestais do ambiente chapada (Altitude \geq 750m) na região do Araripe, PE.



Com relação a estrutura diamétrica, a encosta e chapada podem se assemelham estatisticamente, com médias de diâmetros de $5,5 \pm 0,2$ e $5,7 \pm 0,3$ cm, já o ambiente baixada apresentou maiores valores, com $6,5 \pm 0,3$ cm. Os ambientes apresentaram pouca variação nas médias de alturas, sendo a baixada ($6,1 \pm 0,2$ m) um pouco superior a chapada ($5,4 \pm 0,3$ m) e encosta ($5,8 \pm 0,2$ m) se podendo ser semelhante aos dois ambientes (Figura 31).

Figura 31. Intervalo de confiança com 95% de probabilidade: A. das médias de diâmetros; e B. médias de alturas de indivíduos lenhosos nativos, em três estratos de altitudes na região do Araripe.



Sendo: B, baixada (Altitude $\leq 600\text{m}$); E, encosta ($600 < \text{Altitude} < 750\text{m}$); e C, chapada (Altitude $\geq 750\text{m}$).

De maneira geral, o ambiente baixada apresentou o componente lenhoso com porte mais elevado, menor número de indivíduos e menos ramificações que a encosta e chapada. A encosta possui menor variação estrutural entre fragmentos e com probabilidade de maior semelhança com outros ambientes, podendo ser considerado com área de transição estrutural. Já a chapada por apresentar elevada variabilidade entre fragmentos, na maioria das análises se assemelhou aos outros dois estratos de altitude.

4 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A região do Araripe em Pernambuco, apresenta uma enorme diversidade fitogeográfica, abrigando um verdadeiro mosaico de diferentes fitofisionomias, com composições e estruturas que tendem a diversificar em conformidade aos efeitos orográficos.

As variações florístico-estruturais ficaram mais evidenciadas entre os estratos de altitudes, contudo ocorreu diferenças entre os fragmentos do mesmo ambiente. A baixada apresentou maior similaridade entre áreas, possuindo características próprias na estrutura e composição. As áreas da encosta têm maiores semelhanças estruturais e florística composta por espécies da baixada e chapada. A chapada foi o ambiente com maior variação interna, com todos os fragmentos diferindo na estrutura e composição.

De maneira geral, foi verificado a baixada e chapada com composição e estrutura com características próprias e a encosta funcionando como ecótono ecológico desses estratos de altitude.

As variações nos fragmentos da chapada tende a acompanhar os gradientes de umidade, com vegetação de menor porte e menos diversificada na parte mais seca (fronteira com o estado de PiauÍ) e estrutura mais robusta, com maior riqueza de espécies nas regiões mais úmidas (fronteira com o estado do Ceará).

Na baixada, a idade e fitofisionomia do fragmento foram as principais responsáveis pelas variações florístico-estruturais, visto que B3, o fragmento mais jovem, apresentou menor e riqueza florística, indivíduos com menores diâmetros, maiores ramificações de fustes e padrão de distribuição espacial distinto. B2, por sua vez, apresentou maior riqueza e estratos sucessionais mais definidos.

Com relação a riqueza florística, considerando a presença e ausência da espécie nas unidades amostrais, não foi verificado diferença estatística entre ambientes, principalmente pela elevada variabilidade dos fragmentos, que aumentou o erro da média e conseqüentemente o intervalo de confiança. A variação fica mais evidente ao ser analisado os fragmentos.

A variação na diversidade entre ambientes e fragmentos é mais explícita ao ser considerado a abundancia e distribuição de indivíduos por espécie, apresentando maior riqueza a chapada, seguido da baixada e encosta. O fragmento com maior riqueza foi o B2 da baixada, seguido de C2 e C3 da chapada.

Pelo nível de degradação que se encontra, essa região necessita de uma maior e mais urgente atenção por parte da sociedade e órgãos públicos com caráter conservacionista, visto

que na atual velocidade de devastação, está em risco de extinção uma grande representação da diversidade fitofisionômica do nordeste brasileiro.

Esses resultados corroboram a importância da estratificação de ambientes e replicação de fragmentos na amostragem, visto que, em pequenas distâncias ocorrem consideráveis variações das espécies ocorrentes e mais abundantes, ou seja, existem efeitos geográficos e/ou ambientais que fazem com que as espécies com maiores densidades de indivíduos de uma área não ocorram em outra relativamente próxima.

5 REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, M. et. al. Levantamento florístico de um remanescente de Mata Atlântica no litoral norte do estado da Bahia, Brasil Maria. **Hoehnea**, São Paulo, v. 42, n. 3, p. 581-595, 2015.
- AMJAD, M. S. et al. Floristic composition, biological spectrum and conservation status of the vegetation in Nikyal Valley, Azad Jammu and Kashmir. **Asian Pacific Journal of Tropical Disease**, v. 6, n. 1, p. 63-69, 2016.
- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 19, n. 3, p. 615-623, 2005.
- APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, San Angel, v. 181, p. 1-20, 2016.
- APGAUA, D. M. G. et al. Tree community structure in a seasonally dry tropical Forest remnant, Brazil. **Cernea**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 173-182, 2014.
- ARAÚJO, S. M. S. A região semiárida do Nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. **Revista Rios Eletrônica**, São Paulo, v. 5, n. 5, p. 89-98, 2011.
- ARRUDA, D. M. et al. Landforms and soil attributes determine the vegetation structure in the Brazilian semiarid. **Folia Geobotanica**, Czech Republic., v. 50, p. 175-184, 2015.
- BARBOSA, M. D. et al. Florística e fitossociologia de espécies arbóreas e arbustivas em uma área de Caatinga em Arcoverde, PE, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 851-858, 2012.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Potencial Florestal da Região do Araripe. In: **Região do Araripe, Pernambuco, Diagnóstico Florestal**. Brasília, 2007. p. 15-36.
- BUTLER, D. W., et al. Biogeography of seed-dispersal syndromes, life-forms and seed sizes among woody rain-forest plants in Australia's subtropics. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 34, n. 10, p. 1736-1750, 2007.
- COLWELL, R.K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. User's Guide and application available online at <http://purl.oclc.org/estimates>. Acessado em 12 de Agosto de 2018.
- COSTA, I. R.; ARAÚJO, F. S.; LIMA-VERDE, L. W. Flora e aspectos auto-ecológicos de um enclave de cerrado na chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 759-770, 2004.
- COSTA, U. A. S. **Dispersão de sementes por formigas na Floresta Atlântica nordestina**. 2007. 68 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

COX, C. B.; MOORE, P. D. **Biogeografia: uma abordagem ecológica e evolucionária**. Rio de Janeiro: LTC. 7ª ed., 2011.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Zoneamento **Agroecológico de Pernambuco, ZAPE**. Recife, PE: Embrapa Solos, UEP Recife, 2004.

FARIAS, C. A. et al. Comparação de métodos de amostragem para análise estrutural de florestas inequidistantes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 541-548, 2002.

FARIAS, S. G. G. et al. Fisionomia e estrutura de vegetação de caatinga em diferentes ambientes em Serra Talhada - Pernambuco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 435-448, 2016.

FERNANDES, M. F.; QUEIROZ, L. P. Floristic surveys of Restinga Forests in southern Bahia, Brazil, reveal the effects of geography on community composition. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 66, n. 1, p. 51-73, 2015.

FERRAZ, R. C. et al. Levantamento fitossociológico em área de Caatinga no Monumento Natural Grota do Angico, Sergipe, Brasil. **Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 3, p. 89-98, 2013.

GIEHL, E. L. H.; BUDKE, J. C.; ATHAYDE, E. A. Distribuição espacial de espécies arbóreas em uma floresta Estacional em Santa Maria, Sul do Brasil. **Pesquisas, Botânica**, São Leopoldo, n. 58, p. 215-226, 2007.

GUEDES, R. S. et al. Caracterização florístico-fitossociológica do componente lenhoso de um trecho de caatinga no semiárido paraibano. **Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 99-108, 2012.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistic software package for education and data analysis. **Paleontologia Eletrônica**. v. 4, n. 1, p. 1-9. http://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. Acessado em 04 de agosto de 2018.

HIGUCHI, P.; et al. Florística e estrutura do componente arbóreo e relação com variáveis ambientais em um remanescente florestal em Campos Novos – SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 35-46, 2016.

HOLANDA, A. C. et al. Estrutura da vegetação em remanescentes de caatinga com diferentes históricos de perturbação em Cajazeirinhas (PB). **Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 142-150, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. ver. e ampl. Rio de Janeiro, 2012, 271p.

Köppen, W. 1948. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica. México. 479p.

LEMOS, J. R.; MEGURO, M. Estudo fitossociológico de uma área de Caatinga na Estação Ecológica (ESEC) de Aiuaba, Ceará, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v. 28, n. 2, p. 39-50, 2015.

LIMA, A. B.; RODAL, M. J. N.; SILVA, A. C. B. L. Chuva de sementes em uma área de vegetação de Caatinga no estado de Pernambuco. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 4, p. 649-658, 2008.

- LOPES, H. L. **Modelagem de parâmetros biofísicos para avaliação de riscos à desertificação**. 2005. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Informação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- McGUINNES, W. G.; The relationship between frequency index and abundance as applied to plant populations in a semiarid region. **Ecology**, New York, v. 15, n. 3, p. 263-282, 1934.
- MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, v. 20, n. 4, p. 359-363, 1977.
- MÜELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods for vegetation ecology**. New York John, Wiley e Sons, 1974, 547 p.
- NEVES, S. P. S. et al. What are the most important factors determining different vegetation types in the Chapada Diamantina, Brazil? **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 76, n. 2, p. 315-333, 2016.
- OLIVEIRA, L. S. B. et al. Structure of the woody component of an Atlantic forest Fragment, Moreno - PE. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 203-212, 2012.
- PERES, M. K. **Estratégias de dispersão de sementes no bioma Cerrado: Considerações ecológicas e filogenéticas**. 2016. 360 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade de Brasília, Brasília.
- PIELOU, E. C. **Ecological diversity**. New York: Wiley, 1975. 165 p.
- PIJL, V. D. L. **Principles of dispersal in higher plants**. Springer-Verlag, New York, 1982. 162p.
- 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, 2008.
- SANTOS, F. L. A.; NASCIMENTO, F. R. Dinâmica hidroclimática do Planalto da Ibiapaba e sua depressão periférica circunjacente: estudo de caso nos municípios de Tianguá e Ubajara-Noroeste do Ceará. **Revista Ra'e Ga**, Curitiba, v. 39, p. 57-75, 2017.
- SANTOS, W. S. et al. Caracterização florístico-fitossociológica do componente lenhoso em fragmento de caatinga no município de Upanema-RN. **Nativa**, Sinop, v. 5, n. 2, p. 85-91, 2017.
- SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal: planejamento da produção florestal**. Ficha catalográfica, Biblioteca Central - UFSM. Santa Maria, p. 500, 2008.
- SHEPHERD, G.J. FITOPAC. Versão 2.1. Campinas, SP: Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. 2010.
- SILVA, J. O. et al. Floristic composition and phytogeography contextualization of the natural regeneration of an Alluvial Forest located in the "Planalto Sul Catarinense" Region, SC, Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 41, n. 2, p. 1-9, 2017.

SILVA, M. C. N. A.; RODAL, M. J. N. Padrões das síndromes de dispersão de plantas em áreas com diferentes graus de pluviosidade, PE, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 1040-1047, 2009.

SILVA, R. C. S. **Dinâmica e relação solo-vegetação do componente arbustivo-arbóreo da regeneração natural em fragmento de Floresta Atlântica, Pernambuco**. 2017. 149 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. Teoria de Amostragem. In: **Dendrometria e Inventário Florestal**. 2. Ed. Viçosa, editora UFV, 2011. 272p.

SUMMERBELL G. Regeneration of complex notophyll vine forest (humid subtropical rainforest) in eastern Australia - a review. **Cunninghamia**, Sydney, v. 2, n. 3, p. 391-410, 1991.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S.; PAREYN, F. G. C. **Ecoregiões propostas para o Bioma Caatinga**. Recife: Associação Plantas do Nordeste e Instituto de Conservação Ambiental *The nature Conservation* do Brasil. 1^a ed. 2002. 76 p.

YAMAMOTO, L. F., KINOSHITA, L. S.; MARTINS, F. R. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 553-573, 2007.

CAPÍTULO II
RELAÇÕES DE FATORES AMBIENTAIS E GEOGRÁFICOS COM VARIAÇÕES
FITOGEOGRÁFICAS EM REGIÃO SEMIÁRIDA SOB ALTITUDES

1 INTRODUÇÃO

A estrutura e composição da vegetação nativa de determinada região é caracterizada por um conjunto de variáveis ambientais e geográficas que ocorrem simultaneamente e dão início a diferenciados nichos ecológicos para o surgimento e dominância de grupos de espécies. Regiões serranas ou com relevo montanhoso, por exemplo, podem incitar a ocorrência de diversos micro habitats definidos por combinações de características do ambiente resultantes dos efeitos da orografia.

A região semiárida do nordeste brasileiro, apesar do clima seco, é circunda por serras e bacias hidrográficas com diferentes níveis de altitude e elevada variação geomorfológica, que resulta em um complexo mosaico com distintas formações vegetacionais, delimitado por variados tipos de solos, clima, precipitações, disponibilidade hídricas e outros fatores ambientais.

As áreas sedimentares do semiárido, que basicamente envolvem bacias e chapadas, apresentam padrões de vegetação bastante complexos, compostos por vegetação caducifólia e perenifólia, com flora e fisionomia distintas da formação vegetal circundante, a Caatinga (GOMES et al., 2016).

O relevo, quando associado a diferentes fatores ambientais podem ocasionar em uma distribuição descontínua da vegetação formando diferentes grupos fitofisionômicos, com limitações que restrinjam ou estimulem a ocorrência e dominância de determinada população em uma comunidade, sendo o solo um dos principais responsáveis (RODAL; COSTA; LINS e SILVA, 2008; ALVES, 2009; ARAÚJO et al., 2011; ROVEDDER et al., 2014; ARRUDA et al., 2015; SANTOS et al., 2017).

Em pequenas áreas geográficas podem ocorrer distintos fatores ambientais responsáveis pela formação de micro-habitats com diferentes composições florísticas. A variação topográfica é uma variável geográfica responsável por grande parte da heterogeneidade ambiental, podendo influenciar na distribuição e intensidade pluviométrica, com níveis de precipitação variando em razão ao efeito orográfico que o obstáculo topográfico exerce, e conseqüentemente, atuando na diferenciação granulométrica e na fertilidade do solo (ARRUDA et al., 2015; HIGUCHI et al., 2016; NEVES et al., 2016; SANTOS e NASCIMENTO et al., 2017).

Apesar de estar evidente a importância dos efeitos da orografia para as regiões semiáridas, são praticamente escassos os trabalhos científicos que busquem a compreensão dos principais fenômenos ambientais e sua relação com as vegetações nativas. A maioria dos

estudos encontrados são isolados em escala local (nível de fragmento), sendo a maioria direcionado para as vegetações da Caatinga.

Uma melhor caracterização das relações entre a estrutura fitossociológica e as características de solo e paisagem pode ser muito importante para o desenvolvimento de estratégias de conservação, recuperação e possibilidade de uso sustentável das espécies florestais (ROVEDDER et al., 2014).

Diante do exposto, o principal objetivo do trabalho é relacionar variáveis ambientais (fertilidade do solo, precipitação, disponibilidade hídrica) e geográficas (altitude e distância entre fragmentos) com as principais variações da vegetação e identificar quais os principais influenciadores na distribuição espacial das espécies lenhosas nativas com maiores densidades absoluta da região do Araripe, Pernambuco, Brasil.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O projeto de pesquisa foi desenvolvido em nove fragmentos florestais distribuídos em diferentes altitudes na microrregião de Araripina, região do Polo Gesseiro do Araripe, APA da Chapada do Araripe, localizada no extremo oeste de Pernambuco, Brasil (Capítulo I).

2.2 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Para realização do estudo a região foi estratificada em três ambientes com diferentes níveis de altitude: baixada (altitude ≤ 600 m), encosta ($600 > \text{altitude} < 750$ m) e chapada (altitude ≥ 750 m). Para a amostragem foram distribuídas 180 unidades amostrais retangulares, com dimensões de 10x25 m (250 m² cada), somando uma área amostral de 4,5 ha, sendo 1,5 ha por ambiente. Foi adotado o arranjo amostral sistemático, estando as parcelas equidistantes em 25 m uma das outras (Capítulo I).

2.2.1 Vegetação lenhosa

Dentro das parcelas, foram mensuradas, com o auxílio de uma fita métrica, as circunferências à altura do peito dos indivíduos lenhosos, com nível de inclusão maior ou igual a 10 cm (CAP 1,30 m do solo ≥ 10 cm), e estimadas as alturas dos indivíduos com auxílio de módulos de tesouras de alta poda de 2,0 m cada. Os indivíduos mensurados receberam placas de alumínio (5x5 cm) com uma numeração progressiva, usando-se pregos para fixação dessas placas.

2.2.1.1 Índice de Shannon Wiener (H') e Densidade Absoluta (DA)

Da vegetação, foram quantificadas as variáveis números de indivíduos e espécies, Índice de diversidade de Shannon Wiener (H'), porcentagens de ramificações de fustes de indivíduos e espécies, média de alturas e área basal por hectare para todas as comunidades estudadas e densidade absoluta (DA) das espécies por ambiente. Os cálculos foram realizados conforme Müeller-Dombois e Elleberg (1974) (Fórmula: Apêndice 1):

2.2.1.2 Similaridade florística entre fragmentos

A semelhança florística das áreas foi realizada sob duas perspectivas: Considerando a presença e ausência da espécie na comunidade, sem levar em conta sua abundância, pelo índice de Similaridade de Sorensen (SO_{ij}), conforme Brower e Zar (1984) (Apêndice 1).

E, considerando a densidade de indivíduos da espécie i , pelo índice de Morisita simplificado por Horn (1966) (Fórmula: Apêndice 1):

2.2.2 Variáveis geográficas

2.2.2.1 Altitudes dos terrenos

As altitudes dos fragmentos foram estimadas em campo com o auxílio de um receptor GPS (Global Positioning System) GARMIN 64s.

2.2.2.2 Distância entre fragmentos

A estimativa de distancias entre fragmentos foi realizada em duas etapas: A primeira ocorreu em campo, com o auxílio de um receptor GPS (Global Positioning System) GARMIN 64s, onde foram coletados pontos com coordenadas geográficas das áreas; A segunda ocorreu em laboratório com a utilização da ferramenta *Google Earth Pro*, em que foram feitas linhas retas entre os fragmentos e estimadas suas distancias.

2.2.3 Variáveis ambientais

2.2.3.1 Atributos do Solo

Os atributos do solo analisados foram carbono (C), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), fosforo (P), potássio (K^+), sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), alumínio (Al^{3+}), magnésio (Mg^{2+}), acidez (Ph), Acidez potencial ($H+Al$), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V), saturação por Al (m) e umidade.

Para coleta de solos, em cada fragmento, foram selecionadas 10 parcelas em ziguezague e de cada uma foram extraídas três amostras simples, com profundidade de 0-20 cm, para formar uma composta.

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Solos da Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina - UFRPE, de acordo com a metodologia da Embrapa (2011). O Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} foram extraídos com KCl $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ e dosados por

titulometria. O P, K⁺, Fe, Cu, Zn e Mn foram extraídos com Mehlich⁻¹, sendo P dosado por espectrofotometria, K⁺ por fotometria de chama e Fe, Cu, Zn e Mn por espectrofotometria de absorção atômica. A acidez potencial (H+Al) foi extraída com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ e dosada por titulometria. Com os resultados dessas análises químicas, calculou-se a soma de bases (SB), a saturação por bases (V), a saturação por Al (m), a capacidade de troca de cátions (CTC).

No Laboratório de Química do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco de acordo foram determinados o N total, via digestão sulfúrica e determinado por destilação e titulação pelo método Kjeldahl (TEDESCO et al.,1995), além do C orgânico total, pelo método do Dicromato de Potássio. Foi utilizado o fator de “Van Bemmelen”, 1,724, para conversão do C orgânico total em matéria orgânica.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste de F ao nível de 5% de significância. Quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância utilizando-se o software SISVAR® versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

Na Tabela 1, são encontrados os resultados obtidos das análises em laboratórios para os atributos do solo de todos os fragmentos florestais estudados, conforme o trabalho de tese de Torres (2018).

Tabela 1. Valores médios dos atributos do solo dos fragmentos da baixada (B1, B2 e B3), encosta (E1, E2 e E3) e chapada (C1, C2 e C3) na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.

Atributos	Baixada			Encosta			Chapada		
	B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3
¹ C (g kg ⁻¹)	6,68b	7,57b	5,90b	3,10c	2,52c	2,99c	1,61c	5,36b	10,61a
² MO (g kg ⁻¹)	11,52	13,05	10,18	5,34	4,34	5,15	2,77	9,23	18,3
³ N (g kg ⁻¹)	1,25c	1,63a	1,54ab	0,78de	0,64e	1,01cd	0,98cde	1,18c	1,89a
⁴ P (mg dm ⁻³)	5,70a	3,50b	4,80ab	4,00ab	4,60ab	4,00ab	1,40c	3,70b	4,00ab
⁵ K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,49a	0,27b	0,42 ^a	0,23bc	0,15bcd	0,26b	0,10cd	0,11cd	0,08d
⁶ pH (H ₂ O)	5,92a	6,00a	5,67 ^a	4,97b	4,77bc	4,32d	4,82bc	4,95bc	4,59cd
⁷ Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,06ab	0,03cd	0,04c	0,02d	0,03cd	0,04bc	0,02d	0,02d	0,06a
⁸ Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,00e	0,01e	0,05e	0,09de	0,24c	0,42b	0,18cd	0,20cd	1,11a
⁹ Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	5,56a	4,22b	4,98ab	1,31c	0,50c	0,93c	0,88c	0,78c	0,17c
¹⁰ Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,02a	1,07b	1,23b	0,57c	0,40c	0,40c	0,63c	0,33c	0,36c
¹¹ H+Al (cmol _c dm ⁻³)	2,26cd	1,58d	2,35cd	2,30cd	3,41c	5,50b	3,51c	3,44c	8,73a
¹² SB	8,13a	5,59b	6,67ab	2,13c	1,08c	1,64c	1,63c	1,25c	0,67c
¹³ CTC (cmol _c dm ⁻³)	10,39a	7,17bc	9,02ab	4,43d	4,49d	7,14bc	5,14cd	4,69d	9,40ab
¹⁴ V (%)	77,72a	78,16a	73,61a	44,75b	24,46c	23,01c	31,42c	26,91c	8,68d
¹⁵ m (%)	0,00f	0,23f	0,85f	5,65f	18,40bc	20,90b	10,54de	14,03cd	62,48a
Umidade (%)	0,94	0,92	1,12	0,47	0,33	0,45	0,62	0,88	1,97

1. Carbono; 2. Matéria orgânica; 3. Nitrogênio; 4. Fósforo; 5. Potássio; 6. Acidez do solo; 7. Sódio; 8. Alumínio; 9. Cálcio; 10. Magnésio; 11. Acidez potencial; 12. Soma de bases; 13. Capacidade de troca de cátions; 14. Saturação por bases; 15. Saturação por alumínio. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.2.3.2 Precipitação e disponibilidade hídrica

Como as áreas e ambientes estudados são desprovidos de informações meteorológicas, a classificação da precipitação foi realizada de forma categórica por atribuição de pesos em conformidade a intensidades pluviométrica. O mesmo ocorrendo para a variável disponibilidade hídrica, onde foi levado em consideração os teores de umidade do solo, proximidades de rios, reservatório e cursos de águas perenes ou intermitentes.

2.2 ANÁLISE DE DADOS

Para avaliar a influência da distância nas variações de composição florística entre fragmentos, foi realizada comparação de matrizes de similaridade de Morisita-Horn (CHI_{ij}) e Sorensen (SO_{ij}) com a matriz de distância entre áreas.

As correlações entre variáveis ambientais foram investigadas utilizando os coeficientes de correlação linear de Pearson, que leva em consideração o quociente entre a covariância amostral das variáveis x e y e o produto dos desvios padrões respectivos (Fórmula: Apêndice 1).

A correlação das variáveis ambientais e geográficas dos estratos de altitudes com a vegetação lenhosas adulta, foi realizada pela análise de Correspondência Canônica (CCA) (TER BRAAK, 1986), sendo a matriz da vegetação composta pelas 10 espécies com maiores valores de DA de cada ambiente.

Com o objetivo analisar a contribuição e eliminar as variáveis ambientais com baixas correlações com os eixos de ordenação e redundantes entre si, foi realizado uma PCA (Análise de Componentes Principais) para o índice de Shannon Wiener (H'), números de espécies e indivíduos (S e N_i), médias de alturas (H), área basal (G), ramificações de fustes de indivíduos e espécies, altitude, ambiente (estrato de altitude), área, precipitação, disponibilidade hídrica e os atributos do solo (C , MO , N , P , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} , Mg^{2+} , Ph , $H+Al$, SB , CTC , V , m e umidade) (Tabela 2).

Tabela 2. Correlação e contribuição de variáveis ambientais com os eixos de ordenação, pela Análise de Componentes Principais (PCA), em pesquisa com diferentes estratos de altitudes na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.

	Eixos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
¹ H'	-0,1	0,6	0,6	0,2	0,1	-0,2	0,2	-0,2
² S	0,1	0,6	0,7	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0
³ Ni	-0,4	0,5	0,7	-0,2	-0,1	0,3	-0,2	0,1
⁴ H	0,4	0,7	0,4	0,0	0,3	0,1	-0,2	0,0
⁵ G	0,0	0,9	0,4	-0,1	-0,2	0,2	0,1	-0,1
Altitude	-0,6	-0,4	0,1	-0,5	0,1	0,3	0,2	0,0
Ambiente	-0,9	0,0	-0,1	0,3	-0,1	-0,2	0,1	0,0
Ramificação de indivíduos	-0,2	-0,3	-0,5	0,6	-0,2	0,3	0,2	0,2
Ramificação de espécies	-0,1	-0,4	-0,1	0,4	0,8	0,1	0,1	0,0
Precipitação	-0,8	0,4	-0,1	0,2	0,0	-0,2	0,1	0,1
Disponibilidade hídrica	-0,4	0,8	0,3	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2
Umidade do solo	-0,1	0,9	-0,3	0,2	0,0	0,0	-0,1	0,1
Área	-0,9	0,1	-0,2	0,2	0,1	-0,1	0,0	0,0
⁶ C	0,2	1,0	-0,1	0,0	0,1	-0,1	0,0	0,0
⁷ MO	0,2	1,0	-0,1	0,0	0,1	-0,1	0,0	0,0
⁸ N	0,2	0,9	-0,2	0,3	0,2	0,1	-0,1	-0,1
⁹ P	0,6	0,3	-0,1	-0,6	0,3	-0,3	0,1	0,3
¹⁰ Ph	0,9	0,2	0,2	0,2	-0,1	-0,1	-0,1	0,0
¹¹ K ⁺	0,9	-0,1	-0,3	-0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
¹² Na ⁺	0,3	0,6	-0,6	-0,4	-0,1	0,0	0,1	-0,1
¹³ Al ³⁺	-0,7	0,6	-0,4	-0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
¹⁴ Ca ²⁺	1,0	0,1	-0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
¹⁵ Mg ²⁺	0,9	0,1	-0,2	0,0	-0,3	-0,1	0,1	0,0
¹⁶ H+Al	-0,7	0,5	-0,5	-0,2	0,1	0,1	0,1	-0,1
¹⁷ SB	1,0	0,1	-0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
¹⁸ CTC	0,5	0,6	-0,6	0,0	0,0	0,1	0,1	-0,1
¹⁹ V	1,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0
²⁰ m	-0,7	0,6	-0,3	-0,2	0,0	0,0	-0,1	0,0

1. Índice de Shannon Wiener; 2. Riqueza de espécies; 3. Número de indivíduos; 4. Médias de altura; 5. Área basal; 6. Carbono; 7. Matéria orgânica; 8. Nitrogênio; 9. Fosforo; 10. Acidez do solo; 11. Potássio; 12. Sódio; 13. Alumínio; 14. Cálcio; 15. Magnésio; 16. Acidez potencial; 17. Soma de bases; 18. Capacidade de troca de cátions; 19. Saturação por bases; 20. Saturação por alumínio.

Os dois primeiros eixos explicaram aproximadamente 70% das variações, sendo 39% em E1 e 31% em E2. Os 30% restantes foram distribuídos gradualmente nos demais eixos de ordenação. Após a PCA foram eliminadas as variáveis que não foram representadas em E1 e E2, possuíam correlação inferior a 60% e foram redundantes entre si. Dessa forma, a matriz de variáveis ambientais foi composta por altitude, precipitação, disponibilidade hídrica, Umidade do solo, matéria orgânica (MO), acidez (Ph), saturação por bases (V) e saturação por Al (m).

A significância das correlações entre as matrizes de espécies com a de variáveis ambientais foi analisada pelo teste de permutação de Monte Carlo. Sendo a CCA e esse teste realizados pelo programa PC-ORD for Windows versão 5 (MCCUNE; MEFFORD,2006). A PCA pelo software XLSTAT (versão 2018) e correlação de Pearson foram feitas pelo R (versão 3.5.2).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 INFLUÊNCIA DAS DISTÂNCIAS ENTRE FRAGMENTOS NA SIMILARIDADE FLORÍSTICA

Com exceção de C3, que apresentou distâncias de 73 a 100 Km dos demais fragmentos, todas as áreas apresentaram distâncias relativamente pequenas, variando de 6 a 39 km (Tabela 3).

Tabela 3. Matriz de distâncias versus matrizes de similaridade florística pelos índices de Sorensen (SO_{ij}) e Morisita-Horn (CH_{ij}) entre fragmentos da baixada (B1, B2 e B3), encosta (E1, E2 e E3) e chapada (C1, C2 e C3) na região do Araripe, Pernambuco, Brasil. Sendo: Células sombreadas, distâncias entre áreas expressas quilômetros (Km); ** áreas com distância de até 10 Km; ** áreas com distâncias superiores a 10 e inferiores a 20 Km.

	B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3
B1	0,0								
SO_{ij}	1,0								
CH_{ij}	1,0								
B2	19,8*	0,0							
SO_{ij}	0,6	1,0							
CH_{ij}	0,5	1,0							
B3	11,4*	14,7*	0,0						
SO_{ij}	0,5	0,5	1,0						
CH_{ij}	0,8	0,4	1,0						
E1	21,6	6,1**	19,6*	0,0					
SO_{ij}	0,4	0,5	0,5	1,0					
CH_{ij}	0,6	0,3	0,4	1,0					
E2	29,9	10,4**	24,6	10,0**	0,0				
SO_{ij}	0,3	0,3	0,4	0,5	1,0				
CH_{ij}	0,0	0,1	0,1	0,4	1,0				
E3	27,3	9,7**	24,4	5,7**	6,1**	0,0			
SO_{ij}	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	1,0			
CH_{ij}	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	1,0			
C1	39,3	20,4*	30,7	23,1	14,0*	19,9*	0,0		
SO_{ij}	0,2	0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	1,0		
CH_{ij}	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,5	1,0		
C2	30,3	20,4*	18,9*	26,4	23,6	27,5	19,1*	0,0	
SO_{ij}	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,3	0,6	1,0	
CH_{ij}	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,5	0,6	1,0	
C3	95,1	93,0	85,3	99,2	95,9	100,3	86,7	72,9	0,0
SO_{ij}	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	1,0
CH_{ij}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	1,0

Na baixada, a área B3 está distante 11 Km de B1 e 15 Km de B2. Já B2 e B1 se distanciam em 19,8 Km. Pelo índice de Sorensen, é verificado que mesmo B1 e B2 estando geograficamente mais separados, apresentaram mais espécies comuns que B1-B3 e B2-B3.

Pelo índice de Morisita-Horn, B1 e B3 (fragmentos mais próximos da baixada) apresentaram maior similaridade florística, já B1 e B2, que apresenta maior distância entre si, alcançaram maior semelhança que B2 e B3, que são mais próximos. Esse resultado poder ser

um indicativo que as distâncias entre áreas da baixada, quando analisadas de forma isolada, não respondem as variações na composição da vegetação lenhosa.

Nesse estrato de altitude, a similaridade florística foi mais nítida ao ser analisado a outras fontes de variações, como por exemplo, as diferentes fitofisionomias e idade dos fragmentos. Considerando as espécies dominantes (com maiores DA) de cada área, B1 e B3 apresentaram aproximadamente 85% de similaridade, que pode ser justificado por possuírem mesma classificação fitofisionômica (Caatinga Arbustiva-arbórea), apresentando as mesmas espécies com maiores densidades absolutas (*Croton blanchetianus* e *Poincianella gardneriana*) (Apêndices 2 e 4).

Já a maior semelhança de B2 (Caatinga arbórea) com B1, em relação a B2-B3, pode ser influência das idades dos fragmentos, visto que B1 e B2 são centenários e B3, com aproximadamente 25 anos, se encontrando em processo de recomposição da flora, com ausência de espécies (*Amburana cearensis*, *Croton sp.*, *Parapiptadenia zehntneri*) que ocorrem nessas duas áreas com vegetação mais madura.

Na encosta, os fragmentos mais próximos foram E1-E3 e E2-E3, com aproximadamente 6 Km de distância. Considerando apenas a presença-ausência da espécie todas as áreas desse estrato de altitude apresentaram similaridades acima de 40%. Pela abundância de indivíduos, foi verificado que E1-E2, que estão mais distantes (± 10 Km), possuem mais semelhança, principalmente pela elevada DA de *Combretum glaucocarpum* (Apêndices 5 e 6).

Nesse nível de altitude, a distância entre fragmentos foi importante para o compartilhamento de espécies, contudo não mostrou muita influência quando considerado dominância de indivíduos por espécie. O estabelecimento e maior distribuição de indivíduos da espécie por área, pode estar relacionado as variáveis altitude e declividade, visto que E3 é a mais alta e declivosa do ambiente e apresenta menores índices de CH_{ij} quando comparada as demais.

Na chapada, ocorreu maior variabilidade nas distâncias entre fragmentos, com C3 se distanciando 87 Km de C1 e 73 Km de C2, e C1-C2 com 19 Km. O fragmento C3 não possui boa similaridade florística com as duas áreas. Apenas C1 e C2 se assemelharam em aproximadamente 60%, considerando tanto presença-ausência, como abundância das espécies. Apesar da distância ter mais efetividade nesse ambiente, não pode ser avaliada de forma isolada, visto que entre áreas, ocorre nítida variação ambiental, com clima seco em C1,

intermediário em C2 e úmido em C3, resultando em grupos com diferentes hábitos e fitofisionomias.

Um bom exemplo que retrata a pouca influência da distância na similaridade florística dessa região é o fragmento B2, que mesmo apresentando maior proximidade das áreas da encosta (6 Km de E1 e 10 Km de E2 e E3), possui maior semelhança com os fragmentos da baixada. Da encosta, só apresentou boa similaridade florística com E1 e apenas pelo índice de Morisita-Horn (55%).

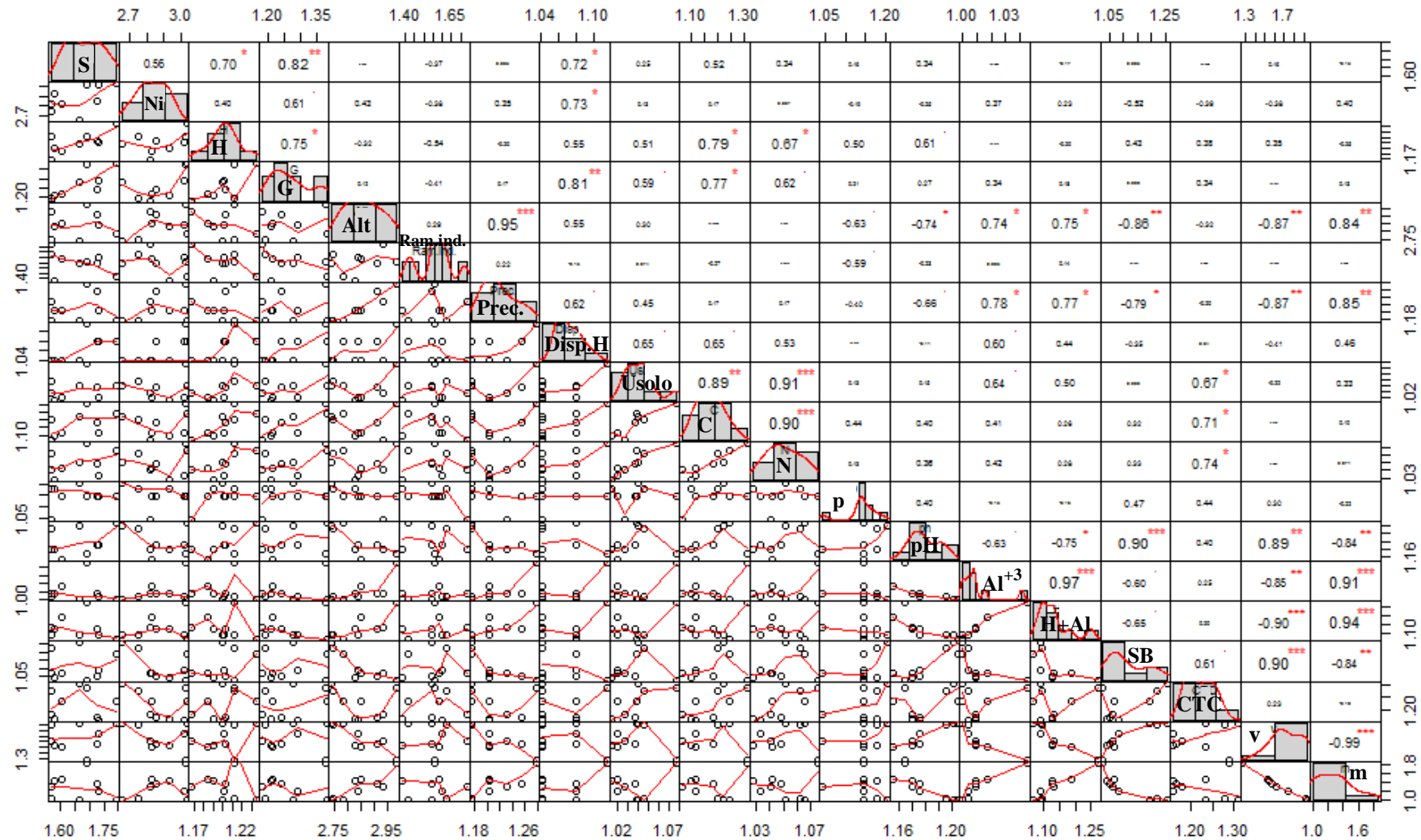
E2 e E3 apesar de estarem mais próximos de B2, tem composições florísticas mais similares com C1 e C2, principalmente, a área E3 com as duas áreas da chapada, que apresentam elevados número de indivíduos de *Croton limae* e *Guapira opposita*.

A distância entre fragmentos é uma variável de suma importância para estudos que avaliem similaridades florísticas, visto que, pode ser determinante no alcance e distribuição espacial de propágulos. Contudo, não deve ser avaliada isoladamente, em uma área geográfica pode ocorrer variados fatores ambientais e geográficos que atuem como barreiras ou limitações para propagação e estabelecimento de determinadas espécies. Como por exemplo, a *Poincianella gardneriana*, que apresenta elevada densidade de indivíduos nos três fragmentos da baixada e não foi encontrada nos demais estratos de altitude, mesmo estando muito próximas das áreas da encosta, em especial o E1, que está localizado a apenas 6 km de distância de B2.

3.2 CORRELAÇÃO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E GEOGRÁFICAS COM A VEGETAÇÃO LENHOSA

Com intuito de facilitar a visualização gráfica das correlações de Pearson (r), foram reduzidas do Apêndice 11, variáveis com aproximadamente 100% de correlação linear com outra representada na Figura 1. Sendo: potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) representados pela soma de base (S.B); sódio (Na^+) pela variável capacidade de troca de cátions (C.T.C.); e índice de diversidade de Shannon Wiener (H') pela riqueza de espécies (S), todos com valores de correlação próximos de 1,0.

Figura 1. Correlação de Pearson das variáveis ambientais e geográficas com características de comunidades lenhosas com diferentes altitudes em regiões semiáridas localizadas em Pernambuco, Brasil.



Sendo: S, riqueza de espécies; Ni, número de indivíduos; H, médias de alturas; G área basal; Ram.ind, ramificações de indivíduos; Disp.Hid., disponibilidade hídrica; Usolo, umidade do solo; C, carbono; N, nitrogênio; p, fosforo; Al³⁺, alumínio; pH, acidez; H+Al, acidez potencial; SB, soma de bases; CTC, capacidade de troca de cátions; v, saturação por bases; m, saturação por alumínio; e, *, ** e ***, nível de significância da correlação em ordem crescente.

A riqueza de espécie (S) apresentou correlações positivas com as variáveis média de altura (H) e área basal (G). Ou seja, nessa região, as áreas com maiores portes de indivíduos lenhosos, tendem a possuírem maior diversidade. A disponibilidade hídrica (Disp.H) dos fragmentos apresentou correlação positiva com S, G e número de indivíduos (Ni), podendo ser inferido que independentemente da altitude, a composição e estrutura da vegetação responde positivamente a água disponível ao longo do tempo, seja por proximidade de reservatórios ou maiores intensidades de chuvas.

Estruturalmente, foi verificado que as médias de alturas e área basal se correlacionando positivamente, havendo tendência dos fragmentos com indivíduos mais altos também apresentaram maiores diâmetros.

As variáveis H e G também se relacionaram positivamente com teores de C do solo, ou seja, fragmentos com maior volume de biomassa na vegetação, tendem a apresentarem solos mais orgânicos, e conseqüentemente, com maiores teores de M.O e C. Raghubanshi e Singh (2011), em estudos em Floresta Seca na Índia, também constatou que as áreas com maiores estoques de carbono na vegetação, também apresentam maior quantidade no solo.

O teor de carbono apresentou correlação positiva, altamente significativa, com teor de nitrogênio (N), que por sua vez, se correlacionaram positivamente com a umidade do solo (U_{solo}). Ou seja, a biomassa florestal enriquece o solo com matéria orgânica, que é a principal fonte de C e N, contudo, são disponibilizados em maiores concentrações em solos mais úmidos, visto que, a água é essencial no processo de decomposição e dissolução dos nutrientes.

A área C3, apesar de possuir valores de área basal e médias de alturas próximos aos de B2, apresentou maior concentração de C no solo, que pode ser justificado por ser uma área mais úmida, com maior intensidade de chuvas. Já C2 não diferenciou estatisticamente das áreas da baixada. C1 e as áreas da encosta apresentaram menores concentração de carbono.

Com relação ao N, mesmo C3 apresentando maior teor de C (principal fonte de N), não diferiu estatisticamente de B2 e B3. Podendo ser explicado pela maior intensidade de chuva e solo arenoso desse fragmento, uma vez que o N pode ser lixiviado com maior facilidade, fazendo com que seu teor em C3 se equipare as áreas da baixada, onde os solos geralmente são mais argilosos e com chuvas escassas. Os fragmentos com maior relação C/N foram C3, B2, B1 e C2, e os com menores, E3 e C1.

Analisando os ambientes, é observado uma certa tendência da baixada possuir maiores concentrações de MO, C e N, podendo estar relacionado ao processo de lixiviação e granulometria do solo, visto que solos mais argilosos tendem a reter mais nutrientes.

Gubena et al. (2017) estudando estoque de carbono em florestas secas sob diferentes altitudes na Etiópia, encontraram resultados similares, registrando menores concentrações de C nas áreas de encosta. Schulz et al. (2016), estudando áreas semiáridas no estado de Pernambuco, encontraram os teores de argila e altitude como principais fontes de variação de carbono, sendo mais abundante em solos argilosos e em menores altitudes.

As áreas mais ricas em C tenderam a apresentar maior diversidade na composição florística (Apêndice 11). Segundo Moura et al. (2016), elevadas diversidades de espécies pertencentes a diferentes grupos funcionais são os principais responsáveis pelos efeitos de flutuação no estoque de carbono. Para Marks et al. (2009), a diversidade de traços funcionais pode ter um efeito no armazenamento de carbono no solo, através de processos de decomposição e ciclagem de nutrientes.

A altitude se correlacionou negativamente com Ph (-0,7) e saturação de bases (-0,8), e positivamente com a saturação por alumínio (0,8), ou seja, as áreas maiores altitudes tenderam a apresentarem solos mais ácidos e com menor fertilidade. O que pode ser justificado por essas áreas com maiores altitudes possuírem solos mais arenosos e com maior intensidade de precipitação, provocando a lixiviação das bases trocáveis e ocasionando em solos mais ácidos e menos férteis.

Por exemplo, C2 e C3 mesmo possuindo bons teores C e N no solo, apresentaram baixa fertilidade e menores valores de pH, se comparado as áreas da baixada (B1, B2 e B3). O que provavelmente estar relacionado a granulometria do solo e níveis de precipitação, visto que, as áreas da chapada apresentam solos mais arenosos e com maiores intensidades de chuvas, provocando o escoamento mais rápido de nutrientes transportados pela água, tornando seus solos mais pobres e ácidos. O contrário ocorre com as áreas da baixada, que por apresentarem solos mais argilosos e baixa precipitação retém maior teor de nutrientes e possuem maiores pH do solo.

A altitude, precipitação, pH e fertilidade do solo foram as variáveis que mais caracterizaram os ambientes (baixada, encosta e chapada), visto que, a precipitação aumentou e as demais variáveis diminuíram com a elevação das classes de altitude (Apêndice 11).

Dos macros nutrientes, o fósforo (p) foi o único que não apresentou boas correlações com características da vegetação ou variáveis ambientais. A fonte desse nutriente, não está só

em compostos orgânicos ou biológicos, mas grande parte do fosforo encontrado no solo é proveniente do processo de intemperização a partir das apatitas (minerais primários fosfatados), podendo ser uma justificativa para baixa relação com as características da vegetação. Já a baixa conectividade com as variáveis ambientais pode estar associada a menor mobilidade do nutriente, por não ser facilmente lixiviado, não diferenciando significativamente suas concentrações em diferentes altitudes (SANTOS, GATIBONI e KAMINSKI, 2008; SANTOS et al., 2011; COSTA, COSTA e PEREIRA, 2014)

As variáveis disponibilidade hídrica e umidade do solo, foram as que mais se correlacionaram com a riqueza e estrutura da vegetação. Ao contrário do que muitos pensam, a precipitação isoladamente, não é responsável pelo porte e diversidade, mas sim a disponibilidade de água que o fragmento tem ao longo do tempo. Não adianta possuir elevados índices de precipitação, com baixa capacidade de retenção hidrográfica do solo, pois a água será infiltrada rapidamente não ficando disponível para a vegetação.

Os fragmentos com maior número de espécies e portes mais elevados foram os que estão mais próximos de reservatórios e/ou cursos de água e não os com maiores precipitações. B2, por exemplo, apesar de possuir baixo índice de precipitação, apresentou maior número de espécies e árvores com maiores alturas e diâmetros.

Confirmando a hipótese de Amorim, Sampaio e Araújo (2005), que a caatinga apresenta grande variação fisionômica, principalmente, quanto à densidade e ao porte das árvores. Uma vez que, mudanças em escala local, em pequenas distâncias, são facilmente reconhecíveis e geralmente ligadas a uma alteração ambiental claramente identificável. É o caso do maior porte das plantas nos vales e do menor sobre lajedos e solos rasos, em consequência da maior e menor disponibilidade hídrica.

Outro exemplo é a área C1, que mesmo sendo da chapada e possuir maiores índices pluviométricos que a baixada, é o fragmento com menor médias de diâmetros e alturas e um dos com menores diversidade, podendo ser justificado por apresentar solos arenosos e baixíssima retenção de água.

Neves et al. (2016) e Arruda et al. (2015), analisando áreas de Caatinga, transição Caatinga/Cerrado e Cerrado verificaram o solo como principal responsável pela variação na vegetação. De acordo com Neves et al (2016), independente dos níveis de precipitação o solo foi o principal condicionador que determinou os diferentes tipos de vegetação, visto que, a matéria orgânica e os teores de argila do solo diminuem com o aumento da altitude. Ainda segundo os autores, a importância das condições edáficas, e não apenas a escassez e a

irregularidade das chuvas, como normalmente é suposto, devem ser consideradas como um fator no estabelecimento da vegetação da caatinga.

3.3 CORRELAÇÃO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS COM A DISTRIBUIÇÃO DE POPULAÇÕES LENHOSAS COM MAIORES DENSIDADES ABSOLUTA

Pelo teste de permutação de Monte Carlo foi verificado elevada correlação entre matriz de espécies e de variáveis ambientais nos eixos de ordenação ($p = 0,010$). As variáveis altitude, precipitação, disponibilidade hídrica, umidade do solo e saturação por alumínio apresentaram maior correlação com o eixo F1, já pH e saturação por bases com F2. Matéria orgânica se correlacionou com os dois eixos. Todas as variáveis apresentaram baixa correlação com F3 (Tabela 4).

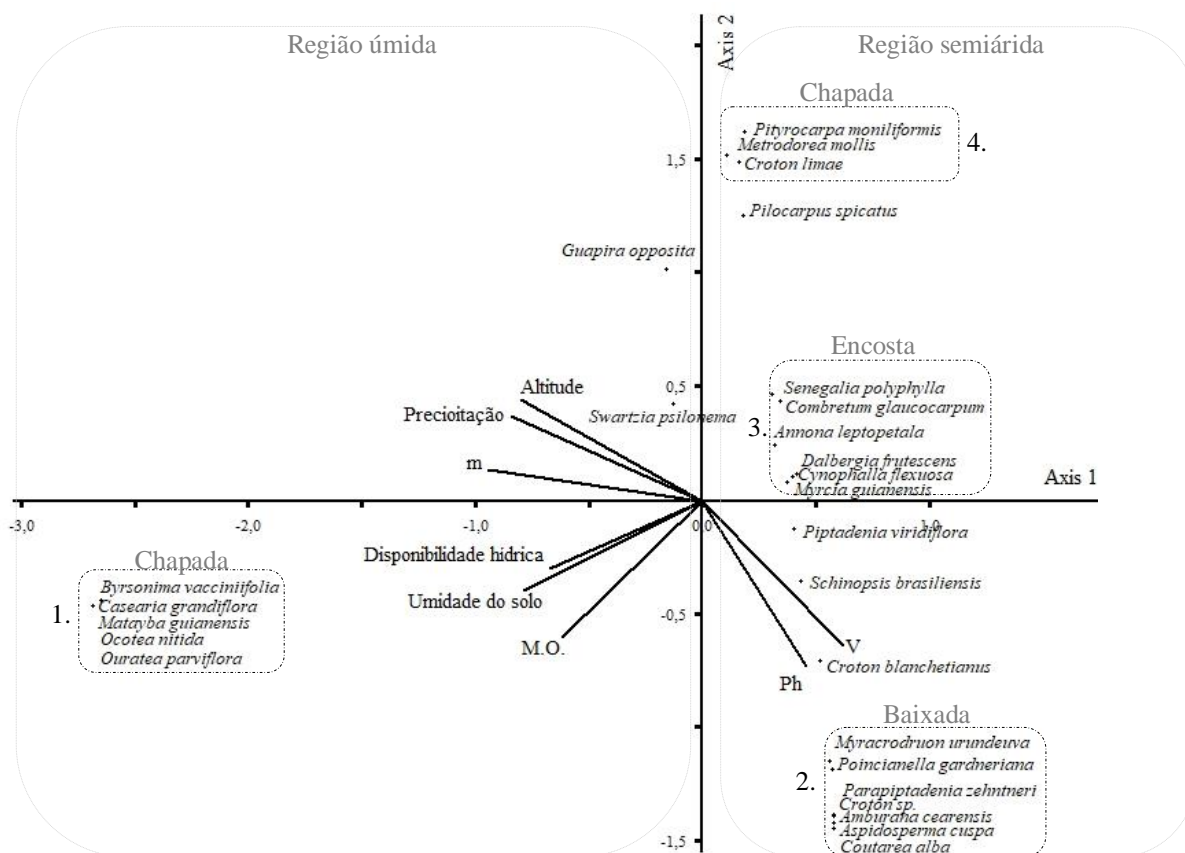
Figura 4. Correlação entre as variáveis ambientais e eixos de ordenação em comunidades lenhosas com diferentes altitudes em regiões semiáridas localizadas em Pernambuco, Brasil.

Variáveis Ambientais	Correlação		
	F1	F2	F3
Altitude	-0.816	0.480	-0.103
Precipitação	-0.859	0.402	0.009
Disponibilidade hídrica	-0.690	-0.319	-0.076
Umidade do solo	-0.807	-0.425	-0.282
Matéria orgânica (MO)	-0.629	-0.647	-0.294
Ph	0.471	-0.785	-0.307
Saturação por bases (V)	0.634	-0.685	-0.317
Saturação por alumínio (m)	-0.963	0.152	0.133

Pela CCA é verificado uma tendência de formação de dois grandes grupos, em que as espécies concentradas no lado esquerdo, com escores de ordenação negativos no eixo F1 ocorrem em região úmida, com vegetação perenifólia e condições ambientais totalmente distintas de regiões semiáridas. Já do lado direito, no eixo de ordenação positivo de F1, estão as espécies com ocorrência em regiões mais secas (Figura 2).

Na região úmida é encontrado apenas o grupo 1, formado pelas espécies *Byrsonima vacciniifolia*, *Ocotea nitida*, *Ouratea parviflora*, *Casearia grandiflora* e *Matayba guianensis* que apresentaram alta correlação positiva com as variáveis altitude, precipitação, disponibilidade hídrica, umidade do solo, teor de matéria orgânica e saturação por alumínio. Essas espécies são encontradas com elevadas DA e exclusividade no fragmento C3, em Exu, que apresenta características ambientais totalmente diferentes dos demais, com vegetação perenifólia, maior volume de precipitação e umidade.

Figura 2. Distribuição de espécies lenhosas nos eixos de ordenação 1 e 2 da CCA, a partir das matrizes de abundância das espécies com maiores densidades absoluta (DA) e variáveis ambientais de fragmentos florestais em diferentes altitudes em regiões semiáridas localizadas em Pernambuco, Brasil.



Guapira opposita e *Swartzia psilonema* apesar de estarem no lado esquerdo de F1 (scores negativos) não participam desse grupo, principalmente, por também ocorrerem em fragmentos mais secos, apresentando menor relação com as variáveis ambientais que as demais espécies localizadas nas regiões úmidas. Na literatura é registrada ocorrência da espécie *Guapira opposita* em todo território nacional e nas mais variadas fitofisionomias (OLIVEIRA et al., 2012; ALVES et al., 2015; FERNANDES e QUEIROZ, 2015).

Os demais grupos se concentraram com escores de ordenação positivos no eixo 1, sendo caracterizados por possuírem clima mais seco, com vegetação caducifólia ou semicaducifólia.

O segundo grupo é caracterizado por reunir espécies que ocorrem com exclusividade no ambiente baixada, as Caatingas (*Amburana cearensis*, *Aspidosperma cuspa*, *Croton* sp., *Coutarea alba*, *Myracrodruon urundeuva*, *Parapiptadenia zehntneri* e *Poincianella gardneriana*). Este, possui boa correlação positiva com pH e saturação por bases (V), e negativa com altitude, precipitação e saturação por alumínio. Essas espécies, apesar da

elevada DA, se distribuem exclusivamente em menores altitudes, com solos mais férteis e menos ácidos.

A espécie *Croton blanchetianus*, mesmo com elevada DA nas três áreas da baixada, também se destaca em E1, fragmento da encosta. O que justifica a mesma não está contida no grupo 2, que são exclusivas da baixada. Esta, apresentou menor correlação positiva com as variáveis pH e v , e menor correlação negativa com altitude e precipitação, se mostrando menos sensível a acidez e baixa fertilidade do solo que as demais espécies que se destacaram com exclusividade nas Caatingas.

O grupo três é composto por espécies que ocorrem com maior abundância ou com exclusividade no ambiente encosta (*Annona leptopetala*, *Combretum glaucocarpum*, *Cynophalla flexuosa*, *Dalbergia frutescens*, *Myrcia guianensis* e *Senegalia polyphylla*), com exceção da *Annona leptopetala*, que ocorre em oito dos nove fragmentos. Este, apresentou boa correlação negativa com umidade do solo, disponibilidade hídrica e matéria orgânica, ou seja, essas espécies geralmente são encontradas com maiores números de indivíduos em áreas mais secas, com solos mais arenosos e com pouca umidade.

As espécies *Schinopsis brasiliensis* e *Piptadenia viridiflora* são encontradas nos dois ambientes (baixada e encosta), porém com maior densidade de indivíduos no ambiente encosta. Estas, apresentaram maior flexibilidade a altitude, fertilidade e acidez do solo, podendo ser encontrada tanto em áreas férteis, com pH mais elevados (baixada), como em locais com acidez e fertilidade moderada (encosta).

No quarto grupo, é encontrada uma espécie exclusiva de E3, da encosta (*Pityrocarpa moniliformis*), uma que só ocorre em C1 e C2 da chapada (*Metrodorea mollis*) e *Croton limae*, que ocorre com abundância em fragmentos da encosta e chapada, sendo com mais efetividade em E3, C1 e C2. Essas espécies se correlacionaram positivamente com altitude e precipitação, e negativamente com pH, v e MO, ou seja, se distribuem com maior abundância em áreas com altitudes mais elevadas, com solos ácidos, menos férteis e pobres em matéria orgânica.

Pilocarpus spicatus apesar de ocorrer na encosta, apresentou maior DA na chapada ocorrendo uma tendência da espécie a ser mais adaptada a áreas com maiores altitudes e solos ácidos, com pouca umidade e baixa fertilidade.

4 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A distância entre fragmentos, isoladamente, não responde satisfatoriamente as variações na composição e estrutura da vegetação nativa de regiões semiáridas, principalmente, por estas áreas estarem geograficamente localizadas em terrenos montanhosos, circundados por serras e bacias hidrográficas acidentadas, sob os mais variados efeitos orográficos (distintos níveis de precipitações, disponibilidade hídrica, climas, exposição solar, formações de solos) que funcionam como barreiras na disseminação e estabelecimento de propágulos da vegetação, ocasionando verdadeiros mosaicos com diferentes micro habitats compostos por variadas formações vegetacionais.

Ao contrário do que muitos pensam, o porte e diversidade da vegetação nativa em regiões semiáridas não está exclusivamente associado a intensidade de precipitação, mas principalmente, a disponibilidade hídrica que o fragmento possui ao longo do tempo, seja por proximidade de reservatório de água, cursos perenes ou intermitentes de água em seu interior, solos argilosos com maiores capacidades de campo e retenção de líquidos, ou até mesmo maior frequência de chuvas durante o ano.

Áreas com elevados índices de precipitação que apresentam mais solos arenosos, podem enfrentar maiores déficits hídricos que aquelas situadas em regiões com pouca intensidade de chuva, principalmente, pela capacidade de retenção de líquidos e sua disponibilização por maior tempo.

Correlacionando as variáveis ambientais e geográficas com as espécies abundantes na região do Araripe é verificado a formação de vários grupos com diferentes níveis de exigências. As espécies que ocorrem com exclusividade na chapada em Exu (C3), pertencem a uma vegetação úmida e perenifólia, com maior distribuição de precipitação ao longo do ano, maior acidez do solo, umidade e disponibilidade hídrica. Já os demais grupos se distribuem na região mais seca se diferenciando pela maior ou menor tolerância a acidez e fertilidade do solo.

As espécies com maior DA na baixada apresentaram elevada exigência por solos férteis e com pH mais elevados, não ocorrendo ou se destacando em áreas com maiores altitudes e com solos mais ácidos e baixa fertilidade. As demais espécies não se mostraram intolerantes a acidez e fertilidade do solo, ocorrendo em locais com pH baixos, pobres de matéria orgânica e macro nutrientes, tendo a encosta e chapada as variáveis altitude e precipitação como principais fontes de variação na formação de grupos de espécies.

Essas informações são extremamente úteis para indicação de espécies a serem utilizadas em projetos de recuperação de áreas degradadas e em futuros planos de manejo nessa região, visto que, em fragmentos relativamente próximos ocorre variação de espécies dominantes que se distribuem e se estabelecem por preferências e exigências de distintos fatores ambientais.

Por exemplo, *Amburana cearensis*, *Aspidosperma cuspa*, *Croton sp.*, *Coutarea alba*, *Myracrodruon urundeuva*, *Parapiptadenia zehntneri* e *Poincianella gardneriana* apresentam elevada densidade nas áreas da baixada, sendo tolerantes a seca e extremamente exigentes de solos férteis e menos ácidos, dessa forma, apesar do ambiente chapada possuir maiores intensidades de precipitação, essas espécies não devem ser manejadas nessas áreas, que apresentam solos ácidos e com baixa fertilidade. O mesmo ocorre com as espécies exclusivas de Exu, PE, que por serem extremamente exigentes de maiores umidades, não devem serem utilizadas em regiões mais secas.

5 REFERÊNCIAS

- ALVES, J. J. A. Caatinga do cariri paraibano. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 17, n. 1, p. 19-25, 2009.
- ALVES, M. et. al. Levantamento florístico de um remanescente de Mata Atlântica no litoral norte do estado da Bahia, Brasil Maria. **Hoehnea**, São Paulo, v. 42, n. 3, p. 581-595, 2015.
- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 19, n. 3, p. 615-623, 2005.
- ARAÚJO, S. M. S. A região semiárida do Nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. **Rios Eletrônica**, v. 5, n. 5, p. 89-98, 2011.
- ARRUDA, D. M. et al. Landforms and soil attributes determine the vegetation structure in the Brazilian semiarid. **Folia Geobotanica**, Praha, v. 50, p. 175-184, 2015.
- BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general ecology**. 2 ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 1984. 226p.
- CHATURVEDI, R. K.; RAGHUBANSHI, A. S.; SINGH, J. S. Carbon density and accumulation in woody species of tropical dry forest in India. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, 262, p. 1576-1588, 2011.
- COSTA, L. A. M.; COSTA, M. S. S. M.; PEREIRA, D. C. Lixiviação do fósforo do solo por meio de adubos fosfatados e palhas de plantas de cobertura. **Revista Varia Scientia Agrárias**, Cascavel, v. 4, n. 1, p. 23-37, 2014.
- FERNANDES, M. F.; QUEIROZ, L. P. Floristic surveys of Restinga Forests in southern Bahia, Brazil, reveal the effects of geography on community composition. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 66, n. 1, p. 51-73, 2015.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- 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 Botânica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 20, n. 1, p. 37-48, 2006.
- GUBENA, A. F.; SOROMESSA, T. Variations in Forest Carbon Stocks Along Environmental Gradients in Egedu Forest of Oromia Region, Ethiopia: Implications for Sustainable Forest Management. **American Journal of Environmental Protection**, v. 6, n. 1, p. 1-8, 2017.
- HIGUCHI, P. et al. Florística e estrutura do componente arbóreo e relação com variáveis ambientais em um remanescente florestal em Campos Novos-SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 35-46, 2016.
- HORN, H. S. Measurement of "Overlap" in comparative ecological studies. **The American Naturalist**, v. 100, n. 914, p. 419 - 424, 1966.
- MARKS, E. et al. Conservation of soil organic carbon, biodiversity and the provision of other ecosystem services along climatic gradients in West Africa. **Biogeosciences**, Hoboken, v. 6, p. 1825-1838, 2009.

- MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. PC-ORD: multivariate analysis of ecological data. Version 5.0. Oregon: MjM Software Design, 2006.
- MOURA, P. M. et al. Carbon and nutrient fluxes through litterfall at four succession stages of Caatinga dry forest in Northeastern Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 105, p. 25-38, 2016.
- MÜELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods for vegetation ecology**. New York John, Wiley e Sons, 1974, 547 p.
- NEVES, S. P. S. et al. What are the most important factors determining different vegetation types in the Chapada Diamantina, Brazil? **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 76, n. 2, p. 315-333, 2016.
- OLIVEIRA, L. S. B. et al. Structure of the woody component of an Atlantic forest fragment, Moreno - PE. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 203-212, 2012.
- RODAL, M. J. N.; COSTA, K. C. C.; LINS e SILVA, A. C. B. Estrutura da vegetação caducifolia espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. **Hoehnea**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 209-217, 2008.
- ROVEDDER, A. P. M. et al. Relação solo-vegetação em remanescente da floresta estacional decidual na Região Central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 12, p. 2178-2185, 2014.
- SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSK, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008.
- SANTOS, F. L. A.; NASCIMENTO, F. R. Dinâmica hidroclimática do Planalto da Ibiapaba e sua depressão periférica circunjacente: estudo de caso nos municípios de Tianguá e Ubajara-Noroeste do Ceará. **Revista Ra'e Ga**, Curitiba, v. 39, p. 57 - 75, 2017.
- SANTOS, H. C.; OLIVEIRA, F. H. T.; SALCEDO, I. H.; SOUZA, A. P.; SILVA, V. D. M. Kinetics of phosphorus sorption in soils in the state of Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1301-1310, 2011.
- SCHULZ, K. et al. Grazing deteriorates the soil carbon stocks of Caatinga forest ecosystems in Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 367, p. 62-70, 2016.
- TEDESCO, M. J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).
- TER BRAAK, C. J. F. Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique For Multivariate Direct Gradient Analysis. **Ecology**, New York, v. 67, n.5, p. 1167-1179, 1986.
- TORRES, J. E. L. **Regeneração natural do componente arbustivo-arbóreo e atributos do solo em áreas com diferentes altitudes no Semiárido pernambucano**. 2018. 107f. Tese (doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CAPÍTULO III
POTENCIAL ENERGÉTICO DE MADEIRAS DO SEMIÁRIDO SOB ALTITUDES

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a vegetação do semiárido é uma das poucas que ainda é possível extrair grandes volumes de madeira por manejos florestais sustentáveis. Esse manejo florestal sustentável é definido como a administração da floresta para obtenção de benefícios econômicos e sociais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo (BRASIL, INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 1, DE 25 DE JUNHO DE 2009).

Contudo, a maioria dos planos de manejos florestais em atividade nessa região, exploram a vegetação nativa através de ciclos curtos de cortes rasos, sem o mínimo de conhecimento técnico-científico que contribuam para um melhor rendimento de madeira, deixando a desejar na tão desejada sustentabilidade.

Na região do Araripe, encontra-se o principal polo gesseiro do País (responsável por 95% da produção brasileira). O Polo gesseiro do Araripe, reúne 312 empresas (21 mineradoras, 61 calcinadoras, e 230 fábricas de pré-moldados) que produzem e transformam 1,8 milhão de toneladas de gipsita por ano. Estas, na maioria das vezes operam à base de biomassa florestal, consumindo em média 54.390 m³ de lenha por mês (SM GESSO, 2013; GADELHA, 2014). A maioria dessa lenha é retirada através de cortes rasos de grandes áreas de mata nativa, deixando o solo exposto e com possível risco de degradação ou desertificação.

Além do grande problema ecológico, nesse tipo de extração e uso, pode ser observado uma deficiência econômica, visto que, toda a biomassa extraída é adiciona aos fornos sem preocupação com as propriedades químicas e físicas, que podem ajudar ou prejudicar o rendimento energético do material. Madeiras com propriedades indesejáveis para fins energéticos só irão ocupar volume nos fornos, gerando pouca até diminuindo a energia total no final do processo de queima.

O processo de queima da madeira é prejudicado por falta de conhecimentos prévios sobre o comportamento do material combustível e falta de informação sobre a influência das características da madeira. Dessa forma, o estudo da potencialidade energética de espécies em áreas sob manejo florestal busca solucionar problemas por meio de alternativas que possam minimizar impactos e assegurar a sustentabilidade do uso da lenha e do carvão vegetal perante outros combustíveis fósseis, sendo possível fortalecer as indústrias, bem como contribuir para o meio ambiente e desenvolvimento econômico e social do estado (SANTOS et al., 2013; SOARES, et al., 2014).

Nos últimos anos tem aumentado o interesse de diversos pesquisadores, de diversas nacionalidades e áreas de conhecimento, para melhor utilização da biomassa florestal como

fonte primária de energia, tentando assim compreender os processos e agentes envolvidos na conversão dessa energia, com intuito de gerar informações técnico-científicas que elevem o rendimento energético da matéria-prima (SANTOS et al., 2016; HALOUA et al., 2016; GARCIA; CARASCHI e VENTORIM, 2016; EVARISTO et al., 2016; JESUS et al., 2017; BRAND, 2017; ZHIMIN et al., 2017).

O crescimento pela procura por fontes de energia, paralelo ao aumento no consumo de biomassas para fins energéticos, se faz necessário desenvolver novas tecnologias e técnicas que melhorem a eficiência no processo de conversão (EVERARD; MCDONNELL e FAGAN, 2012).

A utilização do corte seletivo através do conhecimento técnico das espécies pode favorecer a sustentabilidade ecológica, uma vez que a área explorada não ficará com o solo totalmente exposto, além de aumentar o rendimento energético nos fornos das indústrias, visto que, será queimada apenas madeira com características desejáveis para fins energéticos.

Para se obter a máxima sustentabilidade em planos de manejo florestais com fins energéticos, é necessário um maior empenho dos profissionais em levantar o máximo de informações possíveis, que vão desde o conhecimento fitossociológico até as propriedades energéticas da madeira, de forma que venham a auxiliar em tomadas de decisões que conciliem a máxima produtividade com o menor impacto e degradação possível.

O conhecimento técnico-científico das propriedades energéticas físicas e químicas da madeira das espécies mais ocorrentes na região, pode gerar informações úteis para uma possível quebra de paradigma e mudança do tipo de exploração em atividade, podendo ser indicado retirada seletiva apenas de espécies com propriedades satisfatórias.

O trabalho teve como principal objetivo avaliar o potencial energético de madeiras com maiores densidades e dominâncias absolutas, e gerar informações técnico-científicas que subsidiem futuros planos de manejos florestais mais sustentáveis na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O projeto de pesquisa foi desenvolvido em nove fragmentos florestais distribuídos em diferentes altitudes na microrregião de Araripina, região do Polo Gesseiro do Araripe, APA da Chapada do Araripe, localizada no extremo oeste de Pernambuco, Brasil (Capítulo I).

2.2 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Para realização do estudo a região foi estratificada em três ambientes com diferentes níveis de altitude: baixada (altitude ≤ 600 m), encosta ($600 > \text{altitude} < 750$ m) e chapada (altitude ≥ 750 m). Para a amostragem foram distribuídas 180 unidades amostrais retangulares, com dimensões de 10x25 m (250 m² cada), somando uma área amostral de 4,5 ha, sendo 1,5 ha por ambiente. Foi adotado o arranjo amostral sistemático, estando as parcelas equidistantes em 25 m uma das outras (Capítulo I).

2.1.3 Amostragem da vegetação lenhosa

Dentro das parcelas, foram mensuradas, com o auxílio de uma fita métrica, as circunferências à altura do peito dos indivíduos lenhosos, com nível de inclusão maior ou igual a 10 cm (CAP 1,30 m do solo ≥ 10 cm), e estimadas as alturas dos indivíduos com auxílio de módulos de tesouras de alta poda de 2,0 m cada. Os indivíduos mensurados receberam placas de alumínio (5x5 cm) com uma numeração progressiva, usando-se pregos para fixação dessas placas.

2.1.4 Seleção de espécies e indivíduos

Foram selecionadas para análises as espécies com maiores valores de densidades e dominâncias absolutas (DA e DoA) da região do Araripe, PE. Para inferir sobre a distribuição espacial das espécies nos fragmentos foi adotado a frequência Absoluta (FA), associada ao índice de agregação de McGuinnes (IGA). As variáveis fitossociológicas DA DoA e FA foram calculadas conforme Müeller-Dombois e ElleMBERG (1974), e IGA segundo McGuinnes (1934) (Fórmulas: Apêndice 1).

O volume de madeira por espécie foi estimado pela multiplicação de sua respectiva área basal, altura e um fator de forma de 0,76 para aquelas com diâmetros iguais ou inferiores a 20 cm e 0,91 para diâmetros maiores que 20 cm (SILVA, 2005).

A seleção de indivíduos das respectivas espécies foi realizada com base no cálculo dos diâmetros médios pela seguinte expressão:

$$q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n DAP_i^2}{n}}$$

Em que:

q : diâmetro médio da espécie i ; DAP : diâmetro a 1,30 m do solo de todos indivíduos da espécie i ; n : número de indivíduos da espécie i .

Para análise foram extraídos discos de madeira a 1,30 m de altura do solo de indivíduos saudáveis e em bom estado de conservação.

Não foram realizadas coletas de madeira de B3, que por possuir aproximadamente 25 anos de idade, é considerado jovem em relação aos demais fragmentos, que são centenários.

2.1.5 Análises da madeira

2.1.5.1 Teor de umidade

O teor de umidade foi determinado conforme a norma ABNT NBR 14.929/2003: *Madeira - Determinação do teor de umidade de cavacos - Método por secagem em estufa*. Nesse método os discos de madeira foram pesados e posteriormente colocados para secar em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até atingir peso constante.

A determinação ocorreu pela expressão:

$$U = \frac{mu - ms}{mu} \cdot 100$$

Em que:

U : teor de umidade a base úmida, expresso em %; mu : massa úmida em g; e ms : massa seca em g.

2.1.5.2 Densidade básica da madeira

A densidade básica da madeira foi determinada pela relação do peso da amostra seca (g) pelo volume da amostra verde (cm^3), pela seguinte expressão:

$$D_b = \frac{m_s}{V_s}$$

Em que:

D_b : densidade básica em g/cm^3 ; m_s : massa seca em g; e V_s : volume saturado em cm^3 .

Para obtenção do volume saturado, as amostras ficaram imersas em bandejas com água, sendo pesadas periodicamente até a estabilização do peso (ponto de saturação das fibras).

Após a saturação com água, o volume foi medido pelo método de deslocamento da água, baseado no princípio de Arquimedes. Em que, em uma balança com precisão de 0,0001, foi colocado um Beaker de 2L com água suficiente para cobrir a amostra, sem que a mesma não entre em contato com superfície. A balança foi tarada e colocado a disco até está totalmente submerso. O peso da água deslocado é igual ao volume da amostra, visto que a água tem densidade de 1 g/cm³ (TRUGILHO et al., 1990).

Após a obtenção do volume, as amostras foram colocadas em estufa de circulação forçada à 103 ± 2°C até atingir peso constante, obtendo-se assim a massa seca.

Para a determinação média do teor de umidade e densidade básica da madeira, foram utilizadas cinco repetições de distintos indivíduos que atenderam os pré-requisitos da seleção. Essas análises foram realizadas no laboratório de Tecnologia Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

2.1.5.3 Poder calorífico superior - PCS

Foi determinado de acordo com a norma ABNT NBR 8.633/84: *Carvão vegetal - Determinação do poder calorífico – Método de ensaio pela bomba calorimétrica*, utilizando um Calorímetro Digital Automático IKAWERKE, modelo C2000.

Os discos de madeira coletados foram transformados em palitos, os quais foram moídos em um moinho de faca. Em seguida 0,5 g do material foi adicionada em um cadinho específico do Calorímetro e agregado a um vaso de decomposição. Esse vaso foi lacrado e colocado dentro da bomba adiabática de oxigênio, que em seguida se enche com massa conhecida de água. Logo após é injetado no interior do vaso de decomposição uma pressão de 30 bar e quando o controlado iguala a temperatura da água destilada ao vaso de decomposição ocorre a combustão. A temperatura máxima da água destilada é registrada no momento da combustão (GERALDO, 2013). O PCS é calculado pela seguinte expressão:

$$PCS = \frac{m_{\text{água}} \times C_p \times (T_f - T_i)}{m_{\text{amostra}}}$$

Em que:

PCS: Poder calorífico superior; $m_{\text{água}}$: massa da água; m_{amostra} : massa da amostra; C_p : capacidade calorífica da água; T_f : temperatura final da água; e T_i : temperatura inicial da água.

2.1.5.4 Poder calorífico inferior - PCI

Foi determinado utilizando a água de combustão presente no vaso de decomposição, conforme procedimento do fabricante. Para isso, o vaso de decomposição foi lavado com 50 ml de água destilada. A mistura foi colocada em um Erlenmeyer, adicionado cinco gotas de indicador alaranjado de metila e titulada com solução de hidróxido de sódio a 0,1 N fatorada. Em seguida foi adicionada 20 ml de solução de carbonato de sódio 0,05 N e novamente titulada com solução de ácido clorídrico 0,1 N fatorada. As quantidades de NaOH e HCl foram multiplicadas pelos respectivos fatores. Esses dados foram inseridos no software do calorímetro, que calculou o PCI automaticamente (GERALDO, 2013).

Os PCS e PCI foram determinados no Laboratório de Combustíveis e Energia da Universidade de Pernambuco (UPE).

2.1.5.5 Poder calorífico útil - PCU

No poder calorífico útil ou líquido é subtraída a energia desperdiçada para evaporação da água presente no material, restando apenas a quantidade real de energia a ser liberada no processo de combustão. O PCU é estimado conforme Brito (1993 apud MOREIRA, LIMA e GOULART, 2012), pela seguinte expressão:

$$PCU = PCI \times \frac{(100-U)}{100} - 6 \times U$$

Em que:

PCU: poder calorífico útil, expresso em Kcal.Kg⁻¹; *PCI*: poder calorífico inferior, expresso em Kcal.Kg⁻¹; e *U*: teor de umidade a base úmida, expresso em %.

Foram estimados PCU para amostras: totalmente secas (*U*_{0%}); parcialmente secas (*U*_{25%}); e recém cortadas, com a umidade encontrada em campo (*U*_{Real}).

Para determinação análise de poder calorífico foram utilizadas três repetições, com diferentes indivíduos que atenderam os pré-requisitos de seleção.

2.1.5.6 Densidade energética da madeira por m³

A densidade energética estimada pelos valores de poder calorífico e densidade básica da madeira, expressando a energia liberada em um dado volume. Foi calculada pela equação:

$$DE = PCU \times D_b$$

Em que:

DE: Densidade energética em Kcal.m⁻³; *PCU*: poder calorífico útil em Kcal.Kg⁻¹; e *D_b*: densidade básica em Kg.m⁻³.

A densidade energética foi estimada para madeira recém cortada, parcialmente seca ($\pm 25\%$ de umidade) e totalmente secas ($\pm 0\%$ de umidade).

Para estimativa do estoque de energia por hectare, foram multiplicadas as densidades energéticas pelo volume estimado de madeira por hectare.

Todas as variáveis da madeira, foram submetidas à análise de variância utilizando-se o teste de F ao nível de 5% de significância. Quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ESPÉCIES LENHOSAS ANALISADAS

As 10 espécies selecionadas para análises foram: na baixada, *Croton blanchetianus* e *Poincianella gardneriana*; na encosta, *Combretum glaucocarpum*, *Croton blanchetianus*, *Cynophalla flexuosa*, *Guapira opposita*, *Senegalia langsdorffii* e *Senegalia polyphylla*; e na chapada, *Combretum glaucocarpum*, *Croton limae*, *Guapira opposita*, *Matayba guianensis*, *Metrodorea mollis*, *Senegalia langsdorffii* e *Senegalia polyphylla* (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies lenhosas nativas, com maiores densidades e dominâncias absolutas, em diferentes altitudes na região do Araripe.

Espécies	Nomes Comuns	HST/UFRPE	Ambientes
<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	Sipaúba	---	B*; E***; C**
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	Marmeleiro preto	21952	B***; E**
<i>Croton limae</i> A.P.S. Gomes, M.F. Sales & P.E. Berry	Marmeleiro branco	21966	E*; C***
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl.	Feijão bravo	21691	B*; E***
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Pau piranha	21776	B*; E**; C***
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Pitomba brava	21710	C***
<i>Metrodorea mollis</i> Taub.	Cundurú	22286	C***
<i>Poincianella gardneriana</i> (Benth.) L.P.Queiroz	Catingueira	21698	B***
<i>Senegalia langsdorffii</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Jiquirí	21778	E**; C***
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Espinheiro preto	21779	B*; E***; C**

Sendo: HST/UFRPE, código de depósito de exsicata no Herbário Sérgio Tavares da UFRPE; B, baixada (Altitude \leq 600 m); E, encosta ($600 <$ Altitude $<$ 750 m); e C, chapada (Altitude \geq 750 m); *, pouca ocorrência; **, ocorrência intermediária; e ***, muito ocorrente.

Essas espécies apresentam maiores densidades e dominâncias absolutas (DA e DoA) na região do Araripe em Pernambuco, sendo suas ocorrências e abundâncias diferenciadas em conformidade ao estrato de altitude. Juntas, representam 43% da densidade absoluta e 37% da área basal de toda região, e mais de 50% dos indivíduos dos fragmentos B1, B3, E1, E2, E3 e C1, e 50% ou mais da área basal de B3, E1, E2, C1 e C2. Por C3 ser uma exceção, com composição florística com pouca similaridade com os demais fragmentos, foi representado apenas por duas espécies (*G. opposita* e *M. guianensis*), que representam 20% dos indivíduos e 8% da área basal da área.

3.2 PROPRIEDADES ENERGÉTICAS DAS MADEIRAS

Na tabela 2 estão expostos os valores determinados e estimados das variáveis analisadas para as 10 espécies, cujo a sequência segue em ordem decrescente o poder calorífico útil da madeira recém cortada, com umidade de campo.

Tabela 2. Propriedades energéticas de espécies lenhosas nativas, com maiores densidades e dominâncias absolutas, em diferentes altitudes na região do Araripe.

Espécies	U (%)	Db (g.cm ⁻³)	PCS (kcal.kg ⁻¹)	PCI (kcal.kg ⁻¹)	PCU _{U25%} (kcal.kg ⁻¹)	PCU _{Real} (kcal.kg ⁻¹)
<i>Croton blanchetianus</i>	32,8 _d	0,63 _d	4.507 _{ab}	4.470 _{ab}	3.202 _a	2.806 _a
<i>Senegalia langsdorffii</i>	42,7 _{cd}	0,87 _a	4.281 _c	4.240 _c	3.030 _{bc}	2.175 _b
<i>Combretum glaucocarpum</i>	43,5 _{bcd}	0,75 _{bc}	4.336 _c	4.296 _c	3.072 _{bc}	2.166 _{bc}
<i>Senegalia polyphylla</i>	43,1 _{cd}	0,81 _b	4.234 _d	4.193 _d	2.995 _c	2.128 _{bc}
<i>Croton limae</i>	46,9 _{bc}	0,72 _c	4.545 _a	4.506 _a	3.229 _a	2.111 _c
<i>Poincianella gardneriana</i>	46,0 _{bc}	0,75 _{bc}	4.252 _c	4.213 _c	3.009 _{bc}	2.000 _d
<i>Metrodorea mollis</i>	47,2 _{bc}	0,79 _{bc}	4.329 _c	4.289 _c	3.067 _{bc}	1.980 _d
<i>Matayba guianensis</i>	53,4 _{bc}	0,77 _{bc}	4.353 _c	4.311 _c	3.084 _{bc}	1.669 _e
<i>Cynophalla flexuosa</i>	56,1 _b	0,66 _d	4.279 _c	4.239 _c	3.029 _{bc}	1.522 _f
<i>Guapira opposita</i>	87,7 _a	0,57 _e	4.382 _{bc}	4.343 _{bc}	3.107 _b	0.006 _g

Sendo: U(%), Teor de umidade da madeira verde; D_b, Densidade básica da madeira; PCS, poder calorífico superior; PCI, poder calorífico inferior; PCU_{25%}, poder calorífico útil para madeiras com teores de umidades estimado em 25%; e PCU_{Real}, poder calórico estimado para madeiras verdes.

3.2.1 Densidades básicas e teores de umidades das madeiras

O gênero *Senegalia sp.* apresentou maiores valores de densidades básica da madeira, sendo *Senegalia langsdorffii* com 0,87 g.cm⁻³ e *Senegalia polyphylla* com 0,81 g.cm⁻³. Valores superiores ao encontrado por Oliveira (2014) em Minas Gerais, que registrou 0,69 g.cm⁻³ para *S. polyphylla*, podendo essa variação estar relacionada aos diferentes climas e fitofisionomias das áreas de estudo.

As espécies *C. glaucocarpum*, *P. gardneriana*, *M. mollis* e *M. guianensis* apresentaram valores inferiores a *S. langsdorffii*, contudo se assemelharam estatisticamente a *S. polyphylla*, com densidade básica variando de 0,75 a 0,81 g.cm⁻³.

Oliveira (2014) encontrou densidades básica inferiores para *M. guianensis* (0,65 g.cm⁻³) e o gênero *Metrodorea sp.* (0,60 g.cm⁻³). França (2015), encontrou densidade básica de 0,76 g.cm⁻³ para o gênero *Combretum sp.* em estudo no semiárido. Já para *P. gardneriana*, na literatura são encontrados valores variando de 0,66 a 1,00 g.cm⁻³ (MEDEIROS NETO, OLIVEIRA, PAES, 2012; SANTOS et al., 2013; LIMA e SILVA et al., 2014; FRANÇA, 2015).

C. limae apresentou densidade básica ($0,72 \text{ g.cm}^{-3}$) semelhante as espécies *C. glaucocarpum*, *P. gardneriana*, *M. mollis* e *M. guianensis*. Já *C. blanchetianus* e *C. flexuosa* com D_b inferior, não diferiram estaticamente. *G. opposita* foi a espécie com menor densidade básica da madeira, com $0,57 \text{ g.cm}^{-3}$.

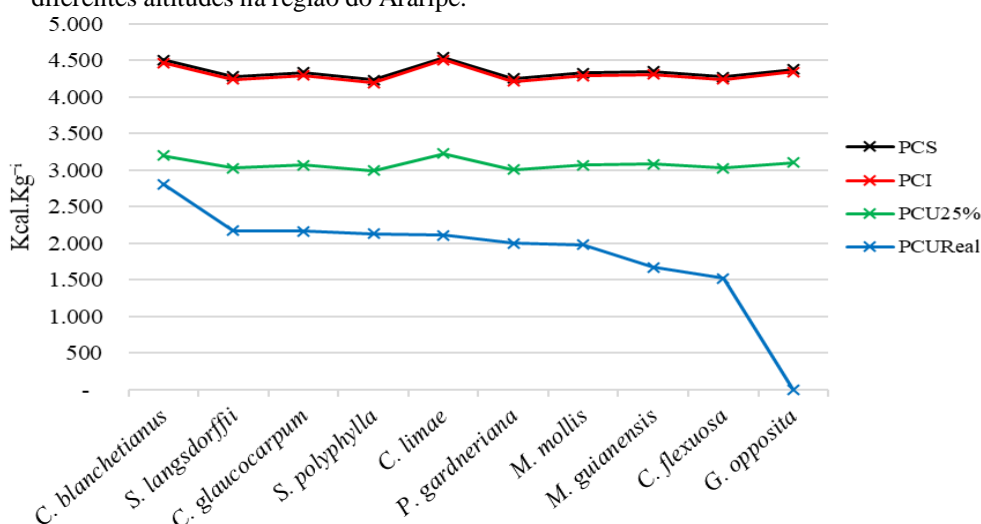
Lima e Silva et al. (2014) em um estudo realizado no semiárido também encontrou as espécies *C. blanchetianus* e *C. flexuosa* com densidade básica semelhantes, com aproximadamente $0,68 \text{ g.cm}^{-3}$. França (2015) também obteve para o gênero *Croton sp.* densidade básica de $0,68 \text{ g.cm}^{-3}$. Já a espécie *G. opposita* foi encontrada com D_b de $0,62 \text{ g.cm}^{-3}$ em um fragmento de Mata Atlântica por Rabelo et al. (2015).

Com relação aos teores de umidade, ocorreu tendência das espécies com maiores densidades básicas apresentarem menores teores de umidade, com exceção a *C. blanchetianus*, que possui baixa densidade básica e teor de umidade. *G. opposita* foi a mais úmida com 88% de umidade.

3.2.2 Poder calorífico das madeiras

Analisando os valores de poder calorífico, é observado considerável variação na liberação de energia entre as madeiras das espécies em decorrência aos teores de umidade no momento da combustão (Figura 1).

Figura 1. Poder calorífico de espécies lenhosas nativas, com maiores densidades e dominâncias absolutas, em diferentes altitudes na região do Araripe.



Sendo: PCS, poder calorífico superior; PCI, poder calorífico inferior; PCU_{25%}, poder calorífico útil para madeiras com teores de umidades estimado em 25%; e PCU_{Real}, poder calórico estimado para madeiras verdes, recém cortadas.

Há pouca variação entre PCS e PCI, onde ocorre a máxima liberação de energia durante o processo de combustão, sendo considerada a madeira seca, com aproximadamente 0% de umidade (JESUS et al., 2017).

Considerando a madeira a 0% de umidade, as espécies com maior liberação de energia por massa foram *C. limae* (PCS 4.545 Kcal.Kg⁻¹; PCI 4.506 Kcal.Kg⁻¹) e *C. blanchetianus* (PCS 4.507 Kcal.Kg⁻¹ e PCI 4.470 Kcal.Kg⁻¹). Resultado próximo ao encontrado por França (2010) para o gênero *Croton sp.* em estudo no semiárido, que encontrou PCS de 4.698 Kcal.Kg⁻¹, sendo também o gênero com maior poder calórico do estudo. O autor também encontrou para o gênero baixo teor de cinza (0,79%) e elevado teor de lignina (28,85%), que são características desejáveis para maior geração de energia (FREDERICO, 2009; COUTO, 2014; GARCIA et al. 2016).

A espécie *G. opposita*, também apresentou elevada liberação de energia, com PCS de 4.382 Kcal.Kg⁻¹ e PCI de 4343 Kcal.Kg⁻¹, se assemelhando estatisticamente a *C. blanchetianus*.

Estatisticamente, não houve diferença nos valores de poder calorífico superior e inferior entre as espécies *G. opposita* (PCS 4.382 Kcal.Kg⁻¹ e PCI 4343 Kcal.Kg⁻¹), *M. guianensis* (PCS 4.353 Kcal.Kg⁻¹; PCI 4.311 Kcal.Kg⁻¹), *C. glaucocarpum* (PCS 4.336 Kcal.Kg⁻¹; PCI 4.296 Kcal.Kg⁻¹), *M. mollis* (PCS 4.329 Kcal.Kg⁻¹; PCI 4.289 Kcal.Kg⁻¹), *S. langsdorffii* (PCS 4.281 Kcal.Kg⁻¹; PCI 4.240 Kcal.Kg⁻¹), *C. flexuosa* (PCS 4.279 Kcal.Kg⁻¹; PCI 4.239 Kcal.Kg⁻¹) e *P. gardneriana* (PCS 4.252 Kcal.Kg⁻¹; PCI 4.213 Kcal.Kg⁻¹).

França (2015) e Machado Neto et al. (2015) encontraram para o gênero *Combretum sp.* resultados próximos ao desse trabalho, com PCS de 4.250 e 4.460 Kcal.Kg⁻¹. França (2015) também registrou altos teores de lignina (29,77%) e cinzas (1,93%) para esse gênero. Medeiros Neto, Oliveira, Paes (2012), Santos et al. (2013) e França (2015), obtiveram para o gênero *Poincianella sp.* PCS de aproximadamente 4.400 Kcal.Kg⁻¹ e teores de cinzas variando de 1,6 a 4,28%.

O teor de cinzas pode ser um dos influenciadores a esses gêneros apresentarem menor poder calorífico que o *Croton sp.*, visto que, o teor de inorgânicos tem relação negativa com o poder calorífico, sendo prejudicial a partir de 1% (SANTOS, 2008; PEREIRA et al., 2013; CARVALHO, et al., 2014).

De modo geral, para madeiras a 0% de umidade, todas as espécies apresentaram elevados valores de poder calorífico e estão de acordo com os limites estipulados para folhosas, que variam de 3.000 a 5.400 Kcal.Kg⁻¹ (BRITO e BARRICHELLO, 1979).

O ideal seria a utilização da madeira com aproximadamente 0% de umidade, onde é obtida a máxima liberação de energia por massa (PCS e PCI), contudo, o elevado ritmo de produção de gesso na região do Araripe aumenta a procura por essa fonte de energia, sendo a madeira, na maioria das vezes, utilizada recém cortada, da forma que chega no pátio da indústria, com praticamente toda umidade.

Analisando o poder calorífico útil da madeira recém cortada (PCU_{Real}) é observado considerável redução na liberação de energia, sendo esta desperdiçada no processo de evaporação da água.

Considerando a madeira recém cortada, a espécie com maior liberação de energia é *C. blanchetianus*, com PCU_{Real} de 2.806 Kcal.Kg⁻¹. Da energia máxima que seria gerada (PCS e PCI), há um desperdício aproximado de 37%.

As espécies *S. langsdorffii* (PCU_{Real} de 2.175 Kcal.Kg⁻¹), *C. glaucocarpum* (PCU_{Real} de 2.166 Kcal.Kg⁻¹) e *S. polyphylla* (PCU_{Real} de 2.128 Kcal.Kg⁻¹) apresentaram valores semelhantes e com desperdício de aproximadamente 50% da energia. Já *C. liame* (PCU_{Real} de 2.111 Kcal.Kg⁻¹), *P. gardneriana* (PCU_{Real} de 2.000 Kcal.Kg⁻¹), *M. mollis* (PCU_{Real} de 1.980 Kcal.Kg⁻¹), *M. guianensis* (PCU_{Real} de 1.669 Kcal.Kg⁻¹), *C. flexuosa* (PCU_{Real} de 1.522 Kcal.Kg⁻¹) e *G. opposita* (PCU_{Real} de 0.001 Kcal.Kg⁻¹) podem apresentar mais de 50% da energia perdida no processo de evaporação da água.

O elevado teor de umidade da *G. opposita* (88%) resultou em perda de 100% da energia máxima que seria produzida, ou seja, sua utilização com madeira recém cortada, não estará contribuindo em praticamente nada no processo de conversão da gipsita.

A umidade exerce uma considerável influência negativa sobre a geração de energia, visto que, parte do que seria gerado é desperdiçada no processo de evaporação da água e consequentemente reduz a eficiência energética da madeira. Madeiras queimadas com umidades superiores a 50% comprometerá em aproximadamente 50% a eficiência energética. (LIMA, 2008; LIMA, ABDALA E WENZEL, 2010).

Em termos práticos, a obtenção de aproximadamente 0% de umidade para grandes volumes de madeira é praticamente inviável, visto que, que seria necessária uma secagem forçada, com utilização de grandes estufas e envolvendo elevados custos. De acordo com Lima, Abdala e Wenzel (2008), pela dificuldade em se obter madeiras completamente secas, é recomendado que a mesma fique ao menos com umidade próximo ao ponto de saturação de fibras, com 22 a 30%, gerando eficiência energética em torno de 73 a 79%.

Brand (2017) analisando as propriedades energéticas de madeiras mistas no semiárido, conseguiu teor de umidade de 21% para toras de madeiras empilhadas e secas ao ar livre no período de 30 dias.

Ao ser analisado a estimativa do poder calorífico útil, com umidade de 25% ($PCU_{U25\%}$), é verificado menor variação entre espécies e maior liberação de energia por massa, se comparado a madeira recém cortada.

O gênero *Croton sp.* mais uma vez gerou mais energia, sendo *C. limae* $PCU_{U25\%}$ de 3.229 Kcal.Kg⁻¹ e *C. blanchetianus* $PCU_{U25\%}$ de 3.202 Kcal.Kg⁻¹. Já as espécies *G. opposita* ($PCU_{U25\%}$ de 3.107 Kcal.Kg⁻¹), *M. guianensis* ($PCU_{U25\%}$ de 3.084 Kcal.Kg⁻¹), *C. glaucocarpum* ($PCU_{U25\%}$ de 3.072 Kcal.Kg⁻¹), *M. mollis* ($PCU_{U25\%}$ de 3.067 Kcal.Kg⁻¹), *S. langsdorffii* ($PCU_{U25\%}$ de 3.030 Kcal.Kg⁻¹), *C. flexuosa* ($PCU_{U25\%}$ de 3.029 Kcal.Kg⁻¹) e *P. gardneriana* ($PCU_{U25\%}$ de 3.009 Kcal.Kg⁻¹) não diferiram estatisticamente. A espécie com menor $PCU_{U25\%}$ foi a *S. polyphylla* com 2.995 Kcal.Kg⁻¹.

Considerando os ganhos e perdas no rendimento energético por massa, em função do teor de umidade no momento da queima, é verificado que a espécie *G. opposita* é a mais favorecida pelo processo de secagem da madeira, visto que, recém cortada apresenta poder calorífico útil (PCU_{Real}) estimado em 0.006 Kcal.Kg⁻¹ e pode elevar seu rendimento energético em 3.107 Kcal.Kg⁻¹ ($PCU_{U25\%}$) através da secagem parcial de sua madeira.

C. flexuosa com 25% de umidade pode até dobrar ($PCU_{U25\%}$ 3.029 Kcal.Kg⁻¹) seu rendimento energético.

As espécies *C. limae* (PCU_{Real} 2.111 Kcal.Kg⁻¹; $PCU_{U25\%}$ 3.229 Kcal.Kg⁻¹), *M. mollis* (PCU_{Real} 1.980 Kcal.Kg⁻¹; $PCU_{U25\%}$ 3.067 Kcal.Kg⁻¹) e *P. gardneriana* (PCU_{Real} 2.000 Kcal.Kg⁻¹; $PCU_{U25\%}$ 3.009 Kcal.Kg⁻¹) podem aumentar seus rendimentos energéticos em aproximadamente 50% ao terem madeiras secas ao ar livre.

Pela baixa umidade da madeira recém cortada (33%), *C. blanchetianus* apresentou menor ganho energético com a secagem parcial da madeira, elevando a estimativa em aproximadamente 14% ($PCU_{U25\%}$ 3.202 Kcal.Kg⁻¹) da energia liberada por massa no processo de combustão.

3.2.3 Densidades energéticas da madeira

Do mesmo jeito que o teor de umidade afeta o poder calorífico por massa, a densidade básica da madeira influencia na quantidade de energia liberada por volume.

Considerando as espécies com 0% e 25% de umidade, é verificado que a densidade energética é praticamente influenciada pela densidade básica da madeira. Não acontecendo o mesmo ao ser queimada a madeira recém cortada, visto que a umidade causa um impacto negativo na liberação de energia por volume.

Com relação as madeiras secas ($U_{0\%}$) ou parcialmente secas ($U_{25\%}$), a densidade energética acompanhou o ranking das espécies com maiores densidades básica da madeira, tendo a *S. langsdorffii* a maior e *G. opposita* a menor liberação de energia por volume. Já na queima de madeiras recém cortadas, mesmo *S. langsdorffii* possuindo a maior e *G. opposita* a menor densidade energética, ocorre variação no ranking das demais espécies, sendo evidenciado a influência do teor de umidade (Tabela 3).

Tabela 3. Densidade energética de espécies lenhosas nativas, com maiores densidades e dominâncias absolutas, em diferentes altitudes na região do Araripe.

Espécies	D_b (Kg.m^{-3})	$DE_{U0\%}$ (kcal.m^{-3})	$DE_{U25\%}$ (kcal.m^{-3})	DE_{Ureal} (kcal.m^{-3})
<i>Senegalia langsdorffii</i>	870,4344 _a	3.690.947 _a	2.637.645 _a	1.893.268 _a
<i>Senegalia polyphylla</i>	807,8176 _b	3.387.552 _b	2.419.491 _b	1.719.242 _c
<i>Metrodorea mollis</i>	787,3063 _{bc}	3.377.004 _b	2.414.657 _b	1.559.067 _e
<i>Matayba guianensis</i>	770,3674 _{bcd}	3.321.426 _{bc}	2.375.515 _{bc}	1.286.093 _g
<i>Croton limae</i>	722,1723 _{bcd}	3.253.979 _{cd}	2.332.159 _c	1.524.461 _{ef}
<i>Combretum glaucocarpum</i>	745,8766 _{cd}	3.204.414 _d	2.291.429 _c	1.615.689 _{ed}
<i>Poincianella gardneriana</i>	752,4316 _d	3.169.753 _d	2.264.450 _c	1.505.257 _f
<i>Croton blanchetianus</i>	634,1993 _e	2.834.578 _e	2.030.803 _d	1.779.433 _b
<i>Cynophalla flexuosa</i>	658,5283 _e	2.791.446 _e	1.994.805 _d	1.002.385 _h
<i>Guapira opposita</i>	565,9885 _f	2.457.943 _f	1.758.559 _e	3.364 _i

Sendo: D_b , densidade básica da madeira; $DE_{U0\%}$, densidade energética da madeira totalmente seca; $DE_{U25\%}$, densidade energética da madeira parcialmente seca, com 25% de umidade; e DE_{Ureal} , densidade energética da madeira verde, recém cortada.

O poder calorífico não pode ser uma variável analisada isoladamente, visto que, mesmo a madeira possuindo elevada liberação de energia por massa, pode apresentar pouca massa por volume, ou seja, baixa densidade básica. Dessa forma, a densidade energética gera estimativas mais precisas do estoque de energia por volume, uma vez que leva em consideração a densidade básica e o poder calorífico do material.

Um bom exemplo da importância da densidade energética é a espécie *S. langsdorffii*, que mesmo não possuindo o maior poder calorífico, apresenta maior liberação de energia por volume em todos os níveis de umidade, sendo resultado da elevada densidade básica de sua madeira. Considerando a madeira recém cortada por exemplo, para geração da mesma energia de um metro cúbico da madeira de *S. langsdorffii* (DE_{Ureal} 1.893.268 Kcal.m⁻³) seria

necessário 563 m³ de *G. opposita* (DE_{UR} 3.364 Kcal.m⁻³), 2 m³ de *C. flexuosa* (DE_{UR} 1.002.385 Kcal.m⁻³) e 1,5 m³ de *M. guianensis* (DE_{UR} 1.286.093 Kcal.m⁻³).

No fragmento C1 por exemplo, ao serem queimadas madeiras recém cortadas (U_{Real}), *S. langsdorffii* com DA de 50 ind.ha⁻¹ e volume estimado de 2,74 m³ de madeira, apresenta maior estoque de energia (5.203.078 Kcal.ha⁻¹) que as espécies: *G. opposita*, com DA de 310 ind.ha⁻¹, volume estimado de 5,08 m³ e estoque de energia de 17.125 Kcal.ha⁻¹; *M. mollis*, com DA de 232 ind.ha⁻¹, volume estimado de 3,16 m³ e estoque de energia de 4.937.572 Kcal.ha⁻¹; e *C. limae*, com DA de 236 ind.ha⁻¹, volume estimado de 1,8 m³ e estoque de energia de 2.780.631 Kcal.ha⁻¹. Ou seja, das espécies analisadas no fragmento, o maior estoque de energia pertence a espécie com menor DA (Apêndice 12).

A espécie *G. opposita* apresenta densidade relativa (DR) de aproximadamente 25% de C1, ou seja, ao realizar o corte raso do fragmento para geração de energia, e utilizando a queima de madeiras recém cortadas, aproximadamente 25% do volume colocado nos fornos serão desperdiçados, visto que, poderiam ser ocupados por espécies com melhores rendimentos energéticos.

Essa diferença entre espécies é bastante reduzida ao ser considerada a madeira parcialmente seca. Com 25% de umidade por exemplo, para gerar a mesma energia de um metro cúbico da *S. langsdorffii* (DE_{U25%} 2.637.645 Kcal.m⁻³), é preciso 1,5 m³ de *G. opposita* (DE_{U25%} 1.758.559 Kcal.m⁻³), 1,3 m³ de *C. flexuosa* (DE_{U25%} 1.994.805 Kcal.m⁻³) e 1,1 m³ de *M. guianensis* (DE_{U25%} 2.375.515 Kcal.m⁻³).

Ainda tomando C1 como exemplo, considerando a madeira parcialmente seca (U_{25%}), apesar de *S. langsdorffii* continuar com maior densidade energética, a espécie perde o posto do maior estoque de energia do fragmento (7.248.776 Kcal.ha⁻¹), sendo esse ocupado agora pela *G. opposita*, com 8.952.451 Kcal.ha⁻¹ e *M. mollis*, com 7.647.230 Kcal.ha⁻¹.

A secagem parcial, pode gerar ganhos significativos no rendimento energético, visto que a energia gerada em um metro cúbico (1 m³) de madeira parcialmente seca, com umidade de aproximadamente 25%, da mesma espécie, equivale a: 1,4 m³ de *S. langsdorffii*; 1,4 m³ de *S. polyphylla*; 1,5 m³ de *M. mollis*; 1,8 m³ de *M. guianensis*; 1,5 m³ de *C. limae*; 1,4 m³ de *C. glaucocarpum*; 1,5 m³ de *P. gardneriana*; 1,1 m³ de *C. blanchetianus*; 2,0 m³ de *C. flexuosa*; e 522,8 m³ de *G. opposita*.

No ambiente baixada, as espécies aqui estudadas representam aproximadamente 21% do volume estimado de madeira dos fragmentos B1 e B2, e 50% de B3. Considerando a

madeira com 25% de umidade, se tem respectivamente estoques de: 31.012.110 Kcal.ha⁻¹ em B1; 59.356.963 Kcal.ha⁻¹ em B2; e 36.284.564 Kcal.ha⁻¹ em B3 (Apêndice 12).

Das espécies mais ocorrentes nesse estrato de altitude se destacam *C. blanchetianus* e *P. gardneriana*, estando bem representadas nos três fragmentos. Apesar do elevado poder calorífico de *C. blanchetianus*, *P. gardneriana* apresentou maior densidade energética, efeito da maior densidade básica de sua madeira.

Associando a maior densidade energética as elevadas estimativas de volumes nas três áreas, *P. gardneriana* possui maior estoque de energia nos três fragmentos, sendo: em B1, EST_{U25%} de 25.254.680 Kcal.ha⁻¹; em B2, EST_{U25%} de 51.812.350 Kcal.ha⁻¹; e B3, EST_{U25%} de 27.140.415 Kcal.ha⁻¹ (Apêndice 12).

No ambiente encosta, as espécies estudadas representam de todo volume estimado de madeira: 49% de E1; 53% de E2; e 40% de E3. Considerando a madeira com 25% de umidade, se tem respectivamente estoques de: 56.098.271 Kcal.ha⁻¹ em E1; 42.465.372 Kcal.ha⁻¹ em E2; e 32.670.278 Kcal.ha⁻¹ em E3.

Nos três fragmentos (E1, E2 e E3) a espécie com maior estoque de energia é a *C. glaucocarpum*, sendo: em E1, EST_{U25%} de 28.965.423 Kcal.ha⁻¹; em E2, EST_{U25%} de 14.300.775 Kcal.ha⁻¹; e E3, EST_{U25%} de 10.720.075 Kcal.ha⁻¹.

Também apresentara bons estoques de energia: em E1, *C. blanchetianus* (EST_{U25%} de 16.325.971 Kcal.ha⁻¹) e *C. flexuosa* (EST_{U25%} de 6.012.643 Kcal.ha⁻¹); em E2, *S. polyphylla* (EST_{U25%} de 11.009.801 Kcal.ha⁻¹), *C. flexuosa* (EST_{U25%} de 9.377.730 Kcal.ha⁻¹) e *S. langsdorffii* (EST_{U25%} de 7.254.542 Kcal.ha⁻¹); e em E3, *C. limae* (EST_{U25%} de 8.298.651 Kcal.ha⁻¹), *S. langsdorffii* (EST_{U25%} de 7.966.973 Kcal.ha⁻¹) e *G. opposita* (EST_{U25%} de 5.517.684 Kcal.ha⁻¹).

Na chapada as espécies analisadas representam volume estimado de madeira de 71% de C1, 52% de C2 e 6% de C3. As espécies com maiores estoque de energia são: em C1, *G. opposita* (EST_{U25%} de 8.952.451 Kcal.ha⁻¹), *M. mollis* (EST_{U25%} de 7.647.230 Kcal.ha⁻¹), *S. langsdorffii* (EST_{U25%} de 7.248.776 Kcal.ha⁻¹) e *C. limae* (EST_{U25%} de 4.253.879 Kcal.ha⁻¹); em C2, *C. glaucocarpum* (EST_{U25%} de 19.623.555 Kcal.ha⁻¹), *C. limae* (EST_{U25%} de 16.432.417 Kcal.ha⁻¹), *M. mollis* (EST_{U25%} de 13.511.645 Kcal.ha⁻¹) e *S. langsdorffii* (EST_{U25%} de 6.939.674 Kcal.ha⁻¹); e em C3, *M. guianensis* (EST_{U25%} de 7.518.777 Kcal.ha⁻¹).

É verificado que o principal influenciador na liberação de energia, ou densidade energética, é a densidade básica da madeira (Db), visto que, houve uma tendência das espécies com maiores Db apresentarem maiores liberação de energia por volume. Ou seja, não

adianta a espécie obter elevados poder calóricos e possuir baixa densidade básica. Na verdade, para maior densidade energética, é desejável que o material possua elevados valores de poder calorífico e densidade básica (SANTOS et al., 2013; ALMEIDA et al., 2015; MACHADO NETO, et al., 2015; SANTOS et al., 2016; JESUS et al., 2017).

4 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O conhecimento das variáveis densidade básica, teor de umidade e poder calorífico são extremamente importantes na seleção e utilização da madeira para fins energéticos, visto que podem aumentar a eficiência de utilização, e conseqüentemente, resultar em planos de manejos mais sustentáveis.

A umidade por exemplo, é uma variável extremamente impactante no poder calorífico útil da madeira, podendo causar desperdício de energia durante o processo de evaporação da água. Como aconteceu com a espécie *Guapira opposita*, que com aproximadamente 88% de umidade obteve poder calorífico útil praticamente nulo.

A queima de madeira recém cortada, da forma que geralmente é utilizada na região do Araripe, causa um elevado desperdício energético nos fornos, visto que, a maioria das espécies chegam nos pátios das indústrias com grandes teores de umidade, reduzindo o poder calorífico útil e desperdiçando mais de 50% da energia durante o processo de combustão.

Apesar do poder calorífico ser uma variável extremamente importante para caracterização energética, não pode ser avaliada isoladamente, visto que, a densidade básica tem forte influência sobre a liberação de energia por volume. Nem sempre a espécie com maior poder calorífico apresenta maior densidade energética. Um bom exemplo é a *Senegalia langsdorffii*, que pela elevada densidade básica de sua madeira, mesmo não possuindo maior poder calorífico apresentou maior liberação de energia por metro cúbico.

Da mesma forma que a umidade afeta negativamente o poder calorífico útil da madeira, a densidade básica influencia positivamente a densidade energética. Quanto maior a massa por volume, maior será a energia liberada durante a queima. Ou seja, é desejável que a madeira apresente elevados valores de poder calorífico útil e densidade básica.

A secagem parcial ou total da madeira é uma técnica altamente recomendada, visto que eleva consideravelmente a estimativa do rendimento energético. O aumento da eficiência energética pode resultar em considerável redução na exploração ou até mesmo incitar a utilização de planos de manejo seletivos, sendo menos agressivos que os cortes rasos atualmente praticados.

Os planos de manejo seletivos podem ser uma alternativa eficaz para fins: produtivos, visto que só será utilizada a espécie com propriedades energéticas e com estoque suficiente na área, mantendo o padrão de energia por volume nos fornos; e ecológicos, conservado a diversidade florística e sem deixar o solo totalmente exposto.

Com as estimativas de secagem da madeira, todas as espécies avaliadas apresentaram potencial para uso seletivo, apresentando boas propriedades e estoque energético.

No ambiente baixada, as espécies *Croton blanchetianus* e *Poincianella gardneriana* apresentaram elevada densidade de indivíduos e estoque energético nas três áreas, em especial a *P. gardneriana* que obteve eleva DoA e estimativas de volumes.

Na encosta, *Combretum glaucocarpum* é encontrado com elevada representatividade de indivíduos e estoque de energia nos três fragmentos estudados. Nesse ambiente, mesmo que seja em uma ou duas áreas, também apresentaram elevado estoque energético as espécies: *Croton blanchetianus*, *Croton limae*, *Cynophalla flexuosa*, *Senegalia polyphylla*, *Guapira opposita* e *Senegalia langsdorffii*.

No ambiente chapada, na parte mais seca, apresenta potencial energético e fitossociológico para uso seletivo as espécies: *Combretum glaucocarpum*, *Croton limae*, *Guapira opposita*, *Metrodorea mollis* e *Senegalia langsdorffii*. Já na parte úmida da chapada, apresenta bom potencial a *Matayba guianensis*.

A espécie *Senegalia langsdorffii*, mesmo não apresentando expressiva DA na encosta e chapada, se destaca com elevado estoque de energia, graças a sua elevada densidade básica e consequentemente densidade energética. Já a espécie *G. opposita*, mesmo apresentando a menor densidade energética se destaca pelo elevado número de indivíduos.

Pela demanda de matéria prima e elevado nível de desmatamento que se encontra a região do Araripe, talvez seja necessário a utilização de outra fonte de energia (por exemplo, floresta plantada) que diminua a pressão sobre a biomassa advinda da vegetação nativa. Essa nova fonte de energia somada ao uso de espécies nativas com potencial energético e estudos mais aprofundados, podem ser protagonistas de um novo modelo de exploração madeireira mais sustentável na região do Araripe, Pernambuco.

5 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. M. C. et al. Avaliação físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadenia stipulacea* (benth.) ducke e *Amburana cearensis* (allemao) a. c. smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 165-173, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14.929: Madeira - determinação do teor de umidade de cavacos – método por secagem em estufa. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8.633: Carvão vegetal - determinação do poder calorífico – método de ensaio pela bomba calorimétrica. Rio de Janeiro, 1984.
- BRAND, M. A. Potencial de uso da biomassa florestal da Caatinga, sob manejo sustentável, para geração de energia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n.1, p. 117-127, 2017.
- BRASIL. INSTRUÇÃO NORMATIVA N. 1, DE 25 DE JUN. DE 2009. Procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável. Ministério do Meio Ambiente - MMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. Brasília, jun. 2009.
- BRITO, J. O.; BARRICHELLO, L. E. G. Usos diretos e propriedades da madeira para geração de energia. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n. 52, 1979. 7p.
- CARVALHO, A. F. et al. Propriedades físicas e energéticas da madeira e do carvão vegetal da espécie *Hieronyma alchorneoides*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 79, p. 257-261, 2014.
- COUTO, A. M. **Influência das características anatômicas, químicas e físicas da madeira de Eucalyptus e Corymbia na qualidade do carvão para uso siderúrgico**. 2014. 173 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- EVARISTO, et al. Potencial energético dos resíduos do fruto da macaúba e sua utilização na produção de carvão vegetal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 571-577, 2016.
- EVERARD; MCDONNELL; FAGAN. Prediction of biomass gross calorific values using visible and near infrared spectroscopy. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, n. 45, p. 203-211, 2012.
- FRANÇA, R. F. **Estrutura anatômica da madeira e do carvão de espécies da caatinga**. 2015. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Frederico, P. G. U. **Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal**. 2009. 73 F. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GADELHA, F. H. L. **Desempenho silvicultural e avaliação econômica de clones híbridos de eucaliptos plantados em diferentes regimes de manejo para fins energéticos**. 2014. 147 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

GARCIA et al. Biomass proximate analysis using thermogravimetry. **Bioresource Technology**, Essex, v. 139, p. 1-4, 2013.

GARCIA; CARASCHI; VENTORIM. Decomposição térmica de pellets de madeira por TGA. **HOLOS**, Natal, n. 32, v. 1, p. 327-339, 2016.

GERALDO, B. C. A. **Classificação da casca e da torta da Mamona para produção de gás combustível**. 2013. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade de Pernambuco, Recife.

HALOUA et al. Comparison of traceable methods for determining the calorific value of non-conventional fuel gases. **International Journal of Thermal Sciences**, Paris, n. 100, p. 438-447, 2016.

JESUS, M. S. et al. Caracterização energética de diferentes espécies de Eucalyptus. **FLORESTA**, Curitiba, v. 47, n. 1, p. 11-16, 2017.

LIMA e SILVA, et al. Plant functional groups of species in semiarid ecosystems in Brazil: wood basic density and SLA as an ecological indicator. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, n. 37, v. 3, p. 229-237, 2014.

LIMA, E. A. Alternativa para estimar o preço da madeira para energia. **Comunicado Técnico 220**, Colombo, PR, 2008.

LIMA, E. A.; ABDALA, E. M.; WENZEL. Influência da Umidade no Poder Calorífico Superior da Madeira. **Comunicado Técnico 260**, Colombo, PR, 2010.

MACHADO NETO, A. P. et al. Densidade e poder calorífico como base para prevenção de incêndios florestais sob linhas de transmissão. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 1, p. 9-15, 2015.

McGUINNES, W. G.; The relationship between frequency index and abundance as applied to plant populations in a semiarid region. **Ecology**, New York, v. 15, n. 3, p. 263-282, 1934.

MEDEIROS NETO, P. N.; OLIVEIRA, E.; PAES, J. B. Relações entre as Características da Madeira e do Carvão Vegetal de duas Espécies da Caatinga. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, n. 21, v. 4, p. 484-493, 2014.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; LIMA, E. A.; GOULART, I. C. G. R. Impacto do teor de umidade e da espécie florestal no custo de energia útil obtida a partir da queima da lenha. **Comunicado Técnico 293**, Colombo, PR, 2012.

MÜELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods for vegetation ecology**. New York John, Wiley e Sons, 1974, 547 p.

OLIVEIRA, G. M. V. **Densidade da madeira em Minas Gerais: Amostragem, espacialização e relação com variáveis ambientais**. 2014. 125 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PEREIRA, B. L. C. et al. Influence of chemical composition of Eucalyptus wood on gravimetric yield and charcoal properties. **BioResources**, n. 8, v. 3, p. 4574-4592, 2013.

RABELO, F. R. C. et al. Dinâmica da vegetação em um fragmento de Mata Atlântica no nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 23-36, 2015.

SANTOS, I. D. **Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica, contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado**. 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília.

SANTOS, R. C. et al. Influência das propriedades químicas e da relação siringil/guaiacil da madeira de eucalipto na produção de carvão vegetal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 657-669, 2016.

SANTOS, R. C. et al. Potencial energético da madeira de espécies oriundas de plano de manejo florestal no estado do Rio Grande do Norte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 491-502, 2013.

SILVA, J. A. **Fitossociologia e relações alométricas em Caatinga nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte**. 2005. 81 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

SM GESSO. **Polo gesso**. 2013. Disponível em: <<https://www.smgesso.com.br/polo-gesso/>>. Acesso em: 26 dez. 2018.

SOARES, V. C. et al. Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 543 - 549, 2014.

TRUGILHO et al. Comparação de métodos de determinação da densidade básica da madeira. **Acta Amazônica**, Manaus, n. 20, v. único, p. 307-319, 1990.

ZHIMIN, et al. Rapid Determination of the Gross Calorific Value of Coal Using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy Coupled with Artificial Neural Networks and Genetic Algorithm. **Energy and Fuels**, Washington, n. 31, p. 3849-3855, 2017.

CAPÍTULO IV
ESPÉCIES LENHOSAS COM POTENCIAL DE USO EM PLANOS DE MANEJO EM
ALTITUDES, NA REGIÃO DO ARARIPE, PERNAMBUCO

1 INTRODUÇÃO

A região do Araripe se encontra em avançado processo de degradação florestal. A elevada demanda do polo gesseiro por recursos florestais para fins energéticos, associado ao clima seco, com longos períodos escassos de chuva, tem resultado em grandes paisagens com risco eminente de desertificação.

Na situação em que se encontra essa região, é de extrema urgência o empenho de pesquisadores das mais variadas áreas, em desenvolverem estudos que contribuam na desaceleração do ritmo de exploração das florestas nativas e principalmente, na restauração e recuperação do ecossistema.

Uma maneira de reduzir a intensidade das explorações é a utilização de planos de manejo mais sustentáveis, desenvolvidos com maiores conhecimentos sobre a vegetação, principalmente no que se refere a fitossociologia e propriedades energéticas da madeira, aumentando assim o rendimento energético, e conseqüentemente, reduzindo o volume explorado. Na literatura são encontrados alguns trabalhos com informações sobre madeiras do semiárido, como por exemplo, o elevado poder calorífico do gênero *Croton sp.* e o alto teor de cinzas da *Poincianella sp.* (FRANÇA, 2015; MACHADO NETO et al., 2015; LIMA e SILVA et al., 2014; SANTOS et al., 2013; MEDEIROS NETO et al., 2012).

Outra alternativa seria a utilização de outras fontes de energia, como por exemplo, o uso de *Eucalyptus sp.*, que segundo Gadelha et al. (2012), apresenta excelentes quantidades de liberação de energia por volume.

Para o processo de recuperação e restauração de áreas degradadas, a identificação e escolha de espécies-chave é o primeiro passo, que associado ao método adequado garantirá o sucesso no estabelecimento, sendo a seleção de um número restrito espécies cujo bom desempenho é conhecido, mais importante que a elevada diversidade no ato do plantio (PILON e DURIGAN, 2013; SALOMÃO, SANTANA e BRIENZA JÚNIOR, 2013).

Dessa forma, a indicação de espécies lenhosas para uso ecológico e econômico, baseado em estudos fitossociológicos e em suas propriedades energéticas é uma alternativa que pode contribuir em projeto mais eficientes e com maior probabilidade de sucesso.

Diante do exposto, o capítulo teve como principal objetivo indicar espécies lenhosas com potencial de utilização para projetos ecológicos e econômicos em diferentes altitudes da região do Araripe, Pernambuco, Brasil.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O projeto de pesquisa foi desenvolvido em nove fragmentos florestais distribuídos em diferentes altitudes na microrregião de Araripina, região do Polo Gesseiro do Araripe, APA da Chapada do Araripe, localizada no extremo oeste de Pernambuco, Brasil (Capítulo I).

2.2 COLETA DE DADOS

Para realização do estudo a região foi estratificada em três ambientes com diferentes níveis de altitude: baixada (altitude ≤ 600 m), encosta ($600 > \text{altitude} < 750$ m) e chapada (altitude ≥ 750 m). Para a amostragem foram distribuídas 180 unidades amostrais retangulares, com dimensões de 10x25 m (250 m² cada), somando uma área amostral de 4,5 ha, sendo 1,5 ha por ambiente. Foi adotado o arranjo amostral sistemático, estando as parcelas equidistantes em 25 m uma das outras (Capítulo I).

2.3 INDICAÇÃO DE ESPÉCIES LENHOSAS

Para indicação de espécies lenhosas foi tomado como referência os resultados obtidos nos capítulos I, II e III. Sendo indicadas as espécies por sua ocorrência e abundância nos estratos de altitudes.

Para projetos ecológicos (recuperação de áreas degradadas, arborização, compensação florestal, revegetação de áreas protegidas, entre outros) foi levado em consideração sua ocorrência em fragmentos florestais nos diferentes níveis de altitude. Já para uso econômico (planos de manejo) foi considerado os parâmetros fitossociológicos (DA, DoA e FA) e as propriedades energéticas da madeira.

2.3.1 Composição e estrutura da vegetação lenhosa (Capítulo I)

Dentro das parcelas, foram mensuradas, com o auxílio de uma fita métrica, as circunferências à altura do peito dos indivíduos lenhosos, com nível de inclusão maior ou igual a 10 cm (CAP 1,30 m do solo ≥ 10 cm), e estimadas as alturas dos indivíduos com auxílio de módulos de tesouras de alta poda de 2,0 m cada. Os indivíduos mensurados receberam placas de alumínio (5x5 cm) com uma numeração progressiva, usando-se pregos para fixação dessas placas.

Com base nas informações foram analisadas as composições e estruturas das vegetações lenhosas dos nove fragmentos florestais e estratos de altitudes (Capítulo I).

2.3.2 Correlação da vegetação com atributos do solo e variáveis geográficas e ambientais (Capítulo II)

Os atributos do solo analisados foram carbono (C), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K^+), sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), alumínio (Al^{3+}), magnésio (Mg^{2+}), acidez (pH), Acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V), saturação por Al (m) e umidade.

Para coleta de solos, em cada fragmento, foram selecionadas 10 parcelas em zig-zague e de cada uma foram extraídas três amostras simples, com profundidade de 0-20 cm, para formar uma composta.

As variáveis ambientais analisadas foram altitudes, disponibilidade hídrica e precipitação.

2.3.3 Propriedades energéticas da madeira (Capítulo III)

Foram determinadas: densidade básica da madeira, teores de umidade, poder calorífico superior e inferior; e estimadas, poder calorífico útil, densidade energética e estoque de energia por hectare, das 10 espécies com maiores valores de densidade e dominância absoluta (DA e DoA) da região do Araripe, Pernambuco.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A *G. opposita* foi a única com ocorrência em todos os fragmentos estudados, sendo mais abundante em altitudes superiores a 700 m. A espécie apresenta características generalista se distribuindo em todas fitofisionomias e níveis de altitudes, sendo altamente recomendada em projetos ecológicos em toda região do Araripe. Contudo, sua utilização econômica, ou seletiva, é mais recomendada em áreas com altitudes elevadas, com clima seco, em solos arenosos, ácidos e pouco férteis, como é o caso de E3 e C1, onde apresenta elevados valores dos parâmetros fitossociológicos (Tabela 1).

Em E3 a espécie apresenta densidade absoluta (DA) de 124 ind.ha⁻¹, dominância absoluta (DoA) de 0,6896 m².ha⁻¹ e volume estimado de 3,14 m³.ha⁻¹, sendo encontrada com tendência de agrupamento em 80% do fragmento. Já em C1, DA de 310 ind.ha⁻¹, DoA de 1,5161 m².ha⁻¹ e volume estimado de 5,08 m³.ha⁻¹, estando agrupada em 95% da comunidade (Tabela 1; Apêndices 7 e 8).

A espécie faz parte da família Nyctaginaceae e é conhecida popularmente como Pau Piranha, tendo os animais como principais agentes dispersores. No Brasil apresenta ampla distribuição geográfica, com ocorrência confirmada no Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste, nos mais variados biomas e fitofisionomias (OLIVEIRA et al., 2012; ALVES et al., 2015; FERNANDES e QUEIROZ, 2015; FLORA DO BRASIL, 2019).

Para fins energéticos, sua madeira não deve ser utilizada recém cortada, principalmente pelo elevado teor de umidade (88%), que associado a baixa densidade básica da madeira (D_b de 0,57 g.cm⁻³) gera um poder calorífico útil (PCU) praticamente nulo, estimado em 0,005 Kcal.Kg⁻¹. Seu uso é recomendado após o processo de secagem ao ar livre, por aproximadamente 30 dias, que elevará o PCU_{25%} à 3.107 Kcal.Kg⁻¹ ao seu considerado a madeira com 25% de umidade.

A densidade básica de sua madeira resulta em baixa densidade energética ($DE_{U25\%} = 1.758.559 \text{ Kcal.m}^{-3}$), sendo seu uso seletivo recomendado apenas em áreas com eleva DA e volume de madeira, como é o caso de C1, onde apresenta o maior estoque de energia por hectare ($Est_{U25\%} 8.952.451 \text{ Kcal.ha}^{-1}$) e E3, onde está entre as com maiores ($Est_{U25\%} 5.517.684 \text{ Kcal.ha}^{-1}$) (Apêndice 12).

Tabela 1. Espécies com potencial de uso em planos de manejo em diferentes altitudes na região do Araripe, Pernambuco, Brasil.

Espécies lenhosas	Nome vulgar	Densidade absoluta nos fragmentos florestais (ind.ha ⁻¹)									Indicação por intervalo de altitude	
		B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3	Uso econômico	Uso ecológico
<i>Allophylus quercifolius</i> Radlk.	Cascudo da serra	16	40	14	2	--	--	--	1	--		≤ 660 m
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico	8	28	48	4	--	--	--	--	--		≤ 660 m
<i>Annona leptopetala</i> (R.E. Fr.) H. Rainer	Bananinha	34	58	18	18	16	8	14	22	--		≤ 850 m
<i>Bauhinia acuruana</i> Moric.	Mororó	--	--	--	--	--	8	4	76	--		700 > e ≤ 850 m
<i>Bauhinia subclavata</i> Benth.	Mororó	16	34	14	4	18	4	--	12	--		≤ 800 m
<i>Byrsonima gardneriana</i> A. Juss.	Murici	--	--	--	--	--	24	26	64	--		700 > e ≤ 850 m
<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	Sipaúba	6	1	--	350	304	132	4	58	--	600 > e ≤ 800 m	≤ 850 m
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett	Imburana de espinho	28	22	12	--	--	--	--	--	--		≤ 600 m
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	Marmeleiro preto	304	176	266	520	--	--	--	--	--	≤ 660 m	≤ 660 m
<i>Croton limae</i> A.P.S. Gomes, M.F. Sales & P.E. Berry	Marmeleiro branco	--	--	--	34	4	316	236	170	--	700 < e ≤ 850 m	660 < e ≤ 850 m
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl.	Feijão bravo	2	6	48	102	278	10	--	--	--	600 < e < 700 m	≤ 715 m
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	Violete	--	22	--	266	2	44	--	--	--		600 ≤ e ≤ 715 m
<i>Erythroxylum caatingae</i> Plowman	Rasga gibão	--	--	--	6	--	--	2	118	6		> 750 m
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Pau piranha	2	40	6	26	10	124	310	50	74	> 700 m	≤ 950 m
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	Pinhão bravo	16	12	8	--	--	--	--	--	--		≤ 600 m
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Pitomba brava	--	--	--	--	--	--	--	--	350	> 900 m	> 900 m
<i>Metrodorea mollis</i> Taub.	Cundurú	--	--	--	--	--	--	232	116	--	750 < e ≤ 850 m	750 < e ≤ 850 m
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Aroeira	20	52	54	10	--	--	--	--	--		≤ 660 m
<i>Pilocarpus spicatus</i> subsp. <i>aracatensis</i> Kaastra	Pimentinha da serra	--	--	--	46	--	2	112	116	--	750 < e ≤ 850 m	600 < e ≤ 850 m
<i>Piptadenia viridiflora</i> (Kunth) Benth.	Jurema branca	30	48	34	88	198	--	18	--	--	600 < e < 700 m	≤ 850 m
<i>Poepigia procera</i> C. Presl	Coronheiro/sucupira	--	--	--	--	--	--	6	24	34		> 750 m
<i>Poincianella gardneriana</i> (Benth.) L.P. Queiroz	Catingueira	162	178	366	--	--	--	--	--	--	≤ 600 m	≤ 600 m
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Burra leiteira	8	18	10	2	4	--	--	--	--		< 700 m
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	Baraúna	4	20	94	6	132	--	--	2	--		< 700 m
<i>Senegalia langsdorffii</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Jiquirí	--	--	--	4	38	80	50	68	--	700 < e ≤ 850 m	600 < e ≤ 850 m
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Espinheiro preto	--	4	--	48	278	--	--	76	--	600 < e < 800 m	600 < e < 800 m
<i>Swartzia psilonema</i> Harms	Jacarandá/banheira	--	--	--	--	204	2	48	4	40		> 600 m

As espécies *A. leptopetala*, *B. subclavata* e *C. glaucocarpum*, apesar de não ocorrerem em todas as áreas, apresentaram boa distribuição nos três níveis de altitudes, em fragmentos com clima seco e altitudes de até 850m, sendo indicadas para projetos ecológicos em toda região, com exceção de áreas úmidas com vegetação perenifólia, como é o caso de C3 (Altitude > 900m).

Dessas espécies, apenas a *C. glaucocarpum*, possui valores dos parâmetros fitossociológicos (DA, DoA e FA) desejáveis para o uso seletivo, principalmente em altitudes no intervalo de 600 a 800 m. Apresentando DA, DoA, FA e volume estimado de: 350 ind.ha⁻¹, 1,7821 m².ha⁻¹, 90% e 12,64 m³.ha⁻¹ em E1; 304 ind.ha⁻¹, 1,0094 m².ha⁻¹, 95% e 6,24 m³.ha⁻¹ em E2; 132 ind.ha⁻¹, 0,6900 m².ha⁻¹, 80% e 4,68 m³.ha⁻¹ em E3; 58 ind.ha⁻¹, 0,8668 m².ha⁻¹ 60% e 8,56 m³.ha⁻¹ em C2. Ocorrendo com distribuição espacial agrupada ou com tendência de agrupamento em todos os fragmentos (Apêndices 5, 6, 7 e 9).

É uma espécie da família Combretaceae, conhecida popularmente como Sipaúba. Seu fruto é do tipo drupa com alas, com dispersão anemocórica. Apresenta ocorrência confirmada no Norte, Nordeste e Sudeste, nos mais diferentes domínios fitogeográficos (Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica) (FLORA DO BRASIL, 2019).

Sua madeira recém cortada apresenta teor de umidade de aproximadamente 43%, D_b de 0,75 g.cm⁻³ e poder calorífico útil estimado em 2.166 Kcal.Kg⁻¹. Seu rendimento energético poder aumentar em 40% (PCU_{U25%} 3.072 Kcal.Kg⁻¹) através da secagem ao ar livre por aproximadamente 30 dias. Em altitudes de 600 a 750m, a espécie pode apresentar estoque estimado de energia de 10.720.075 a 28.965.423 Kcal.ha⁻¹, considerando a madeira com 25% de umidade (Apêndice 12)..

As espécies *C. flexuosa*, *P. viridiflora*, *S. glandulosum* e *S. brasiliensis* é uma boa indicação em projetos ecológicos em áreas com altitudes de até 700m. Já para uso econômico, apenas *C. flexuosa* e *P. viridiflora* apresentam potencial, principalmente em altitudes de 600 a 700 m, onde são encontradas com elevados valores dos parâmetros fitossociológicos.

C. flexuosa, em altitudes de 600 a 700 m, pode apresentar DA de 278 ind.ha⁻¹, DoA de 1,0465 m².ha⁻¹, FA de 100% e volume estimado de 4,70 m³.ha⁻¹, como é o caso de E2. Ocorrendo espacialmente agrupada ou com tendência de agrupamento em toda a comunidade (Apêndice 6).

A espécie é da família Capparaceae e conhecida popularmente como Feijão bravo, tendo como principal síndrome de dispersão a zoocoria. Tem ocorrência confirmada no Norte,

Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste do Brasil, em vários domínios fitogeográficos e fitofisionomias (FLORA DO BRASIL, 2019).

Sua madeira recém cortada possui teor de umidade de aproximadamente 53%, D_b de 0,66 g.cm⁻³ e poder calorífico útil estimado em 1.522 Kcal.Kg⁻¹. Pode ter seu rendimento energético dobrado (PCU_{U25%} 3.029 Kcal.Kg⁻¹) após o processo de secagem ao ar livre de sua madeira. Apresenta estoque de energia de 6.012.643 a 9.377.730 Kcal.ha⁻¹ em altitudes de 600 a 700 m (Apêndice 12).

As espécies *Bauhinia acuruana*, *Croton limae*, *Pilocarpus spicatus*, *Senegalia langsdorffii*, *Senegalia polyphylla* e *Swartzia psilonema* são espécies indicadas para utilização em projetos ecológicos em altitudes superiores a 600m, em clima seco (vegetação caducifólia ou semicaducifólia), com exceção da *S. psilonema*, que também está bem representada em clima úmido (vegetação perenifólia).

Dessas espécies, apresenta potencial para uso econômico: *C. limae* e *S. langsdorffii*, em altitudes de 700 a 850 m; *S. polyphylla*, entre 600 e 800 m; e *Pilocarpus spicatus*, em altitudes de 750 a 850 m.

C. limae, em altitudes de 700 a 850 m, pode apresentar DA de 316 ind.ha⁻¹ (E3), DoA de 1,0205 m².ha⁻¹ e volume estimado de 7,04 m³.ha⁻¹ (C2). Sendo distribuída espacialmente de forma agrupada ou com tendência de agrupamento em mais que 50% dos fragmentos que ocorre (Apêndices 7 e 9).

A espécie faz parte da família Euphorbiaceae, sendo conhecida popularmente como Marmeleiro branco, tendo a autocoria como principal tipo de dispersão, por autocoria pela deiscência dos frutos. Tem ocorrência confirmada apenas no Nordeste (Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Sergipe), nas fitofisionomias Caatinga, Carrasco e Floresta Estacional Decidual (FLORA DO BRASIL, 2019).

Sua madeira recém cortada, apresenta teor de umidade de aproximadamente 47%, D_b de 0,72 g.cm⁻³ e poder calorífico útil estimado em 2.111 Kcal.Kg⁻¹. Pode ter seu rendimento energético aumentado em mais de 50% (PCU_{U25%} 3.229 Kcal.Kg⁻¹) após a secagem ao ar livre de sua madeira. Nas áreas com dominância, pode gerar um estoque estimado de energia de 16.432.417 Kcal.ha⁻¹ (C2), considerando a madeira a 25% de umidade (Apêndice 12).

S. langsdorffii, em altitudes de 700 a 850 m, apesar de possuir baixa DA (de 50 a 80 ind.ha⁻¹), apresenta consideráveis valores de DoA (de 0,5686 a 0,6594 m².ha⁻¹) e volumes estimados de madeira (2,75 a 3,02 m³.ha⁻¹), resultado do elevado número de ramificações de seus fustes (Apêndices 6, 7, 8 e 9).

A espécie pertencente à família Fabaceae, sendo conhecida popularmente como Jiquirí e tendo como principal síndrome de dispersão a autocoria. No Brasil, tem distribuição geográfica confirmada no Nordeste (Bahia, Ceará e Piauí), Centro-Oeste (Mato Grosso do Sul) e Sudeste (Minas Gerais e Rio de Janeiro). Ocorrendo nas fitofisionomias Caatinga, Cerrado (lato sensu), Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila (FLORA DO BRASIL, 2019).

Sua madeira recém cortada, apresenta teor de umidade de aproximadamente 43%, D_b de $0,87 \text{ g.cm}^{-3}$ e poder calorífico útil estimado de $2.175 \text{ Kcal.Kg}^{-1}$. Seu rendimento energético pode ser aumentado em mais de 40% ($\text{PCU}_{U25\%} 3.030 \text{ Kcal.Kg}^{-1}$) através do processo de secagem ao ar por 30 dias. A elevada D_b dessa espécie, eleva sua densidade energética por metro cúbico, de forma que, mesmo apresentando um menor número de indivíduos por hectare, dispõe de um considerável estoque de energia por área, podendo chegar até a $7.966.973 \text{ Kcal.ha}^{-1}$ nas áreas com maior ocorrência, considerando a madeira com 25% de umidade (Apêndice 12).

S. polyphylla, em altitudes de 600 a 800 m, pode apresentar DA de 278 ind.ha^{-1} , DoA de $0,8224 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ e volume estimado em $4,55 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$, como é o caso de E2 (Apêndice 6).

É uma espécie da família Fabaceae, conhecida popularmente como espinheiro preto e tendo a autocoria como principal síndrome de dispersão. No Brasil, tem distribuição geográfica confirmada no Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste, ocorrendo nos domínios fitogeográficos Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, Pantanal (FLORA DO BRASIL, 2019).

Sua madeira recém cortada, apresenta teor de umidade de aproximadamente 43%, D_b de $0,81 \text{ g.cm}^{-3}$ e poder calorífico útil estimado de $2.128 \text{ Kcal.Kg}^{-1}$. Seu rendimento energético pode ser elevado em mais de 40% ($\text{PCU}_{U25\%} 2.995 \text{ Kcal.Kg}^{-1}$) com a secagem da madeira ao ar livre. Pose apresentar estoque de energia de $15.414.923 \text{ Kcal.ha}^{-1}$, considerando a madeira a 25% de umidade (Apêndice 12).

As espécies *Allophylus quercifolius*, *Anadenanthera colubrina*, *Commiphora leptophloeos*, *Croton blanchetianus*, *Jatropha mollissima*, *Myracrodruon urundeuva* e *Poincianella gardneriana*, mesmo que possuam representantes em outros níveis, apresentaram preferência em altitudes de até 660 m, em áreas com menores precipitações, porém com solos mais férteis e menos ácidos. Sendo indicadas para projetos ecológicos na região do Araripe, nessa faixa de altitude. Dessas espécies, apresentam potencial para uso seletivo *C. blanchetianus* e *P. gardneriana*.

C. blanchetianus, em altitudes de até 660 m, pode apresentar densidade absoluta de 176 a 520 ind.ha⁻¹, DoA de 0,4438 a 1,8957 m².ha⁻¹ e volume estimado de 2,00 a 8,04 8,04 m³.ha⁻¹. Sendo distribuída espacialmente de forma agrupada em praticamente toda a comunidade (Apêndices 2, 3, 4 e 5).

A espécie pertencente à família Euphorbiaceae é conhecida popularmente como Marmeleiro preto. Tem a autocoria como principal síndrome de dispersão, pela deiscência dos frutos. Sua ocorrência é confirmada apenas na fitofisionomia Caatinga, no Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte, Sergipe) e Sudeste (Minas Gerais) (FLORA DO BRASIL, 2019).

Sua madeira recém cortada, possui teor de umidade de aproximadamente 33%, D_b de 0,63 g.cm⁻³ e poder calorífico útil estimado em 2.806 Kcal. Kg⁻¹. Seu rendimento energético pode ser aumentado em mais de 14% (PCU_{U25%} 3.202 Kcal.Kg⁻¹) após a secagem ao ar livre por 30 dias. Podendo apresentar estoque estimado de energia de 4.067.788 a 16.325.971 Kcal.ha⁻¹, considerando a madeira com 25% de umidade (Apêndice 12).

P. gardneriana, em altitudes de até 600 m, apresenta DA de 162 a 366 ind.ha⁻¹, DoA de 1,8982 a 2,3320 m².ha⁻¹ e volume estimado de 11,15 a 22,88 m³.ha⁻¹, sendo distribuída de forma agrupada em quase toda a comunidade que ocorre (Apêndices 2, 3 e 4).

É uma espécie da família Fabaceae, conhecida popularmente como catingueira e tendo a autocoria como principal síndrome de dispersão. No Brasil, tem ocorrência confirmada apenas no Nordeste (Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte) na fitofisionomia Caatinga (FLORA DO BRASIL, 2019).

Sua madeira recém cortada apresenta teor de umidade de aproximadamente 46%, D_b de 0,75 g.cm⁻³ e poder calorífico útil estimado em 2.000 Kcal.Kg⁻¹. Seu rendimento energético pode ser aumentado em mais de 50% (PCU_{U25%} 3.009 Kcal.Kg⁻¹) após o processo de secagem da madeira ao ar livre. A *P. gardneriana* possui estoque de energia de 25.254.680 a 51.812.350 Kcal.ha⁻¹, considerando a madeira com 25% de umidade.

As espécies *Byrsonima gardneriana*, *Erythroxylum caatingae*, *Metrodorea mollis* e *Poeppigia procera*, apresentaram boa distribuição em altitudes superiores a 750 m, áreas com maiores precipitações, porém com solos arenosos, ácidos e pouco férteis. Sendo: *E. caatingae* e *M. mollis* na parte mais seca (vegetação caducifólia ou semicaducifólia); e o gênero *Byrsonima sp.* e *P. procera* também em regiões mais úmidas (vegetação perenifólia). Estas são recomendadas para projetos ecológicos na região do Araripe em altitudes superiores a 750 m.

Dessas espécies, apenas a *M. mollis* apresenta potencial para uso econômico. Em altitudes de 750 a 850 m, a espécie pode apresentar DA de 116 a 232 ind.ha⁻¹, DoA de 0,8704 m².ha⁻¹ a 1,0165 m².ha⁻¹ e volume estimado de 3,17 a 5,60 m³.ha⁻¹ (Apêndices 8 e 9).

A *M. mollis* pertence à família Rutaceae e conhecida popularmente como Cundurú, tendo os animais como principais agentes dispersores. Sua ocorrência é confirmada no Nordeste (Bahia, Ceará, Paraíba e Pernambuco) e Sudeste (Minas Gerais), nas fitofisionomias Campo Rupestre, Carrasco e Floresta Estacional Decidual (FLORA DO BRASIL, 2019).

Sua madeira apresenta teor de umidade de aproximadamente 47%, D_b de 0,79 g.cm⁻³ e poder calorífico útil estimado em 1.980 Kcal.Kg⁻¹. Seu rendimento energético pode ser elevado em mais de 55% (PCU_{U25%} 3.067 Kcal.Kg⁻¹) após a secagem da madeira ao ar livre. O estoque de energia estimado pode varia de 10.694.988 a 18.896.630 Kcal.ha⁻¹ (Apêndice 12).

Todas as espécies aqui indicadas para usos seletivos apresentaram boa distribuição vertical de indivíduos nos três estratos de alturas (inferior, intermediário e superior), ou seja, o manejo pode ser feito de forma que se explore no presente e mantenha o estoque e sustentabilidade para o futuro.

4 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A utilização dessas espécies lenhosas nos seus respectivos níveis de altitudes, pode aumentar a probabilidade de sucesso em futuros projetos florestais ecológicos e econômicos desenvolvidos na região do Araripe, Pernambuco.

Levando em consideração a importância dos recursos florestais para essa região e o nível de degradação em que se encontra, é de extrema urgência o desenvolvimento de pesquisas mais aprofundadas sobre essas espécies indicadas, visto que podem ser utilizadas no processo de recuperação dessas áreas, ou até mesmo em planos de manejos florestais mais sustentáveis para região do Araripe.

5 REFERÊNCIAS

- ALVES, M. et. al. Levantamento florístico de um remanescente de Mata Atlântica no litoral norte do estado da Bahia, Brasil Maria. **Hoehnea**, São Paulo, v. 42, n. 3, p. 581-595, 2015.
- FERNANDES, M. F.; QUEIROZ, L. P. Floristic surveys of Restinga Forests in southern Bahia, Brazil, reveal the effects of geography on community composition. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 66, n. 1, p. 51-73, 2015.
- FLORA DO BRASIL 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 19 de março de 2019.
- FRANÇA, R. F. **Estrutura anatômica da madeira e do carvão de espécies da caatinga**. 2015. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- GADELHA, F. H. L. **Desempenho silvicultural e avaliação econômica de clones híbridos de eucaliptos plantados em diferentes regimes de manejo para fins energéticos**. 2014. 147 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.
- LIMA, K. D. R. et al. Seleção de espécies arbóreas para revegetação de áreas degradadas por mineração de piçarra na Caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 203-213, 2015.
- LIMA e SILVA, et al. Plant functional groups of species in semiarid ecosystems in Brazil: wood basic density and SLA as an ecological indicator. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, n. 37, v. 3, p. 229-237, 2014.
- MACHADO NETO, A. P. et al. Densidade e poder calorífico como base para prevenção de incêndios florestais sob linhas de transmissão. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 1, p. 9-15, 2015.
- MEDEIROS NETO, P. N. et al. Características físico-químicas e energéticas de duas espécies de ocorrência no semiárido brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 579 - 588, 2012.
- OLIVEIRA, A. C. P. et al. Composição florística de uma comunidade savânica no Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 26, n. 3, p. 559-569, 2012.
- PILON, N. A. L.; DURIGAN, G. Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de cerrado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 99, p. 389-399, 2013.
- SALOMÃO, R. P.; SANTANA, A. C.; BRIENZA JÚNIOR, S. Seleção de espécies da Floresta Ombrófila Densa e indicação da densidade de plantio na restauração florestal de áreas degradadas na Amazônia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 139-151, 2013.
- SANTOS, R. C. et al. Potencial energético da madeira de espécies oriundas de plano de manejo florestal no estado do Rio Grande do Norte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 491 - 502, 2013.

APENDICES

Apêndice 1. Fórmulas utilizadas nos Capítulos I e II da Tese.

<u>Erro amostral (Ea)</u>	<u>Intervalo de confiança (IC)</u>	<u>Ponto de corte de Mojena</u>
$Ea(\%) = \pm \frac{S\bar{y}.t}{\bar{y}} .100$	$I.C. = \bar{y} \pm s_{\bar{y}}t\alpha$	$\theta_k = \bar{\alpha} + k \hat{\sigma}_\alpha$
<u>Índice de Shannon-Wiener (H')</u>	<u>Equabilidade de Pielou (J)</u>	<u>Densidade absoluta (DA)</u>
$H' = \frac{N \ln(N) - \sum_{i=1}^s ni \ln(ni)}{N}$	$J = \frac{H'}{H \max}$	$DA_i = \frac{n_i}{A}$
<u>Densidade relativa (DR)</u>	<u>Frequência absoluta (FA)</u>	<u>Frequência relativa (FR)</u>
$DR_i = \frac{n_i}{N} .100$	$FA_i = \frac{U}{UT} .100$	$FR_i = \frac{FA_i}{\sum FA_i} .100$
<u>Dominância absoluta (DoA)</u>	<u>Dominância relativa (DoR)</u>	<u>Valor de importância (VI)</u>
$DoA_i = \frac{AB_i}{A}$	$DoR_i = \frac{AB_i}{ABT} .100$	$VI_i = DR_i + FR_i + DoR_i$
<u>Valor de cobertura (VC)</u>	<u>Índice de McGuinness (IGA)</u>	<u>Índice de Similaridade de Sorensen</u>
$VC_i = DR_i + DoR_i$	$IGA_i = \frac{D_i}{d_i}$	$SO_{ij} = \frac{2c}{a+b}$
<u>Índice de Morisita</u>	<u>Correlação linear de Pearson</u>	
$CH = \frac{2 \cdot \sum X_{ij} \cdot X_{ik}}{[(\frac{\sum X_{ij}^2}{N_j^2}) + (\frac{\sum X_{ik}^2}{N_k^2})] \cdot N_j \cdot N_k}$	$r_{(x,y)} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$	

Sendo: \bar{y} : média da variável por parcela; $S\bar{y}$: Erro padrão da média; σ : desvio padrão da média; t : valor tabelado da distribuição de Student; $\bar{\alpha}$ e $\hat{\sigma}_\alpha$: média e desvio padrão das alturas de junções do dendrograma; k : constante de 1,25 proposta por Milligan e Cooper (1985); N : número total de indivíduos da comunidade; ni : número total de indivíduos da espécie i ; H_{\max} : é o valor máximo teórico que é dado por $\ln(S)$; S : número total de espécies da comunidade; A : área em hectare; U : número de unidades amostrais em que ocorreu a espécie i ; UT : número total de unidades amostrais; AB : área basal da espécie i em m^2 ; ABT : área total de todas as espécies i em m^2 ; a : número de espécies da comunidade A; b : número de espécies da comunidade B; c : número de espécies comuns em A e B; X_{ij} e X_{ik} : abundâncias da i -ésima espécie das amostras j e k ; e N_j e N_k : número total de indivíduos nas amostras j e k .

Apêndice 3. Fitossociologia de espécies lenhosas do fragmento B2, ambiente baixada na região do Araripe, Pernambuco, Brasil. Sendo: DA, densidade absoluta; FA, frequência absoluta; DoA, dominância absoluta; DR, densidade relativa; FR, frequência relativa; DoR, dominância relativa; VC, valor de cobertura; VI, valor de importância; DAP, diâmetro a altura do peito, a 1,30 m do solo; e IGA, índice de agregação de McGuinness.

Nome científico	DA	FA	DOA	DR	FR	DOR	VC	VI	Alturas (m)			DAP (m)			Ramificações de fustes		IGA
									Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.	%	Média fustes	
<i>Croton sp.</i>	224	70	0,5614	10	4	4	14	19	12,0	3,0	5,1	0,12	0,03	0,04	36	3	A.G.R.
<i>Coutarea alba</i>	198	70	0,3550	9	4	3	12	16	9,0	3,0	5,9	0,10	0,03	0,04	13	2	A.G.R.
<i>Parapiptadenia zehntneri</i>	190	85	0,8541	9	5	6	15	20	18,0	2,3	7,4	0,24	0,03	0,06	1	2	A.G.R.
<i>Poincianella gardneriana</i>	178	75	2,3913	8	5	17	25	30	17,0	4,5	9,2	0,29	0,03	0,09	18	4	A.G.R.
<i>Croton blanchetianus</i>	176	70	0,4438	8	4	3	11	16	10,2	3,5	5,8	0,08	0,03	0,05	17	2	A.G.R.
<i>Aspidosperma cuspa</i>	172	60	0,6428	8	4	5	13	16	10,0	3,0	6,5	0,11	0,03	0,05	23	3	A.G.R.
<i>Amburana cearensis</i>	120	90	0,8371	6	6	6	12	17	18,0	3,0	7,2	0,25	0,03	0,08	8	2	T.D.A.
<i>Aralia warmingiana</i>	88	70	0,9069	4	4	6	11	15	18,0	3,1	7,4	0,32	0,03	0,09	5	3	T.D.A.
<i>Annona leptopetala</i>	58	60	0,3103	3	4	2	5	9	12,0	4,0	6,1	0,17	0,03	0,06	34	2	T.D.A.
<i>Aspidosperma pyriforme</i>	52	50	0,3361	2	3	2	5	8	13,0	3,3	7,5	0,19	0,03	0,07	31	2	T.D.A.
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	52	60	0,9866	2	4	7	9	13	18,0	4,8	10,9	0,27	0,03	0,13	15	2	T.D.A.
<i>Piptadenia viridiflora</i>	48	40	0,1163	2	2	1	3	6	10,0	5,5	7,6	0,09	0,03	0,05	4	2	A.G.R.
<i>Xylosma prockia</i>	46	45	0,2604	2	3	2	4	7	17,0	3,0	6,5	0,23	0,03	0,06	9	3	T.D.A.
<i>Casearia sp.3</i>	42	40	0,0773	2	2	1	3	5	10,0	4,5	6,2	0,08	0,03	0,04	14	3	A.G.R.
<i>Allophylus quercifolius</i>	40	30	0,1163	2	2	1	3	5	13,0	3,5	5,1	0,17	0,03	0,05	15	2	A.G.R.
<i>Guapira opposita</i>	40	55	0,2159	2	3	2	3	7	10,0	4,5	6,7	0,14	0,03	0,07	15	2	T.D.A.
<i>Pseudobombax marginatum</i>	36	50	0,1009	2	3	1	2	5	8,0	2,8	4,7	0,13	0,03	0,05	0	0	T.D.A.
<i>Bauhinia subclavata</i>	34	40	0,0659	2	2	0	2	5	6,5	4,0	5,5	0,10	0,03	0,04	24	2	T.D.A.
<i>Anadenanthera colubrina</i>	28	45	0,8114	1	3	6	7	10	15,0	6,0	10,0	0,34	0,03	0,15	14	2	T.D.A.
<i>Balfourodendron molle</i>	22	10	0,1219	1	1	1	2	3	20,0	5,0	11,1	0,17	0,03	0,06	18	3	A.G.R.
<i>Commiphora leptophloeos</i>	22	45	0,7433	1	3	5	6	9	8,0	4,0	6,0	0,39	0,04	0,16	27	2	U.N.I.
<i>Dalbergia frutescens</i>	22	20	0,0926	1	1	1	2	3	8,0	3,0	6,2	0,06	0,03	0,04	18	2	A.G.R.
<i>Psidium brownianum</i>	22	25	0,0359	1	2	0	1	3	12,0	5,5	7,6	0,13	0,03	0,07	0	0	T.D.A.
<i>Cedrela odorata</i>	20	30	0,0914	1	2	1	2	3	16,0	4,0	10,0	0,09	0,03	0,05	40	3	T.D.A.
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	20	30	1,7457	1	2	12	13	15	18,0	12,0	15,2	0,52	0,07	0,30	10	2	T.D.A.
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	18	45	0,1609	1	3	1	2	5	10,0	4,0	6,5	0,26	0,03	0,07	11	3	U.N.I.
<i>Manihot carthagenensis</i>	18	25	0,0295	1	2	0	1	3	6,3	3,5	4,6	0,07	0,03	0,04	0	0	T.D.A.
<i>Sapium glandulosum</i>	18	35	0,0378	1	2	0	1	3	7,0	3,5	5,5	0,06	0,04	0,05	11	2	A.L.E.
<i>Tocoyena formosa</i>	14	25	0,0693	1	2	0	1	3	8,0	2,7	5,2	0,10	0,03	0,07	13	2	T.D.A.
<i>Chloroleucon foliolosum</i>	12	25	0,1728	1	2	1	2	3	10,0	4,5	5,7	0,23	0,04	0,10	33	3	A.L.E.
<i>Jatropha mollissima</i>	12	25	0,0186	1	2	0	1	2	8,0	4,0	5,6	0,06	0,03	0,04	0	0	A.L.E.
<i>Combretum glaucocarpum</i>	10	5	0,0165	0	0	0	1	1	8,0	5,0	6,3	0,06	0,03	0,04	20	2	A.G.R.

Continua

Apêndice 5. Fitossociologia de espécies lenhosas do fragmento E1, ambiente encosta na região do Araripe, Pernambuco, Brasil. Sendo: DA, densidade absoluta; FA, frequência absoluta; DoA, dominância absoluta; DR, densidade relativa; FR, frequência relativa; DoR, dominância relativa; VC, valor de cobertura; VI, valor de importância; DAP, diâmetro a altura do peito, a 1,30 m do solo; e IGA, índice de agregação de McGuinness.

Nome científico	DA	FA	DOA	DR	FR	DOR	VC	VI	Alturas (m)			DAP (m)			Ramificações de fustes		IGA
									Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.	%	Média fustes	
<i>Croton blanchetianus</i>	520	100	1,8957	25	9	20	45	54	8,5	2,0	5,3	0,13	0,03	0,06	23	2	A.G.R.
<i>Combretum glaucocarpum</i>	350	90	1,7821	17	8	19	36	44	16,0	3,0	7,0	0,19	0,03	0,07	15	2	A.G.R.
<i>Dalbergia frutescens</i>	266	80	1,2911	13	7	14	27	34	6,5	2,5	4,8	0,06	0,03	0,04	40	3	A.G.R.
<i>Myrcia guianensis</i>	226	80	0,4652	11	7	5	16	23	11,0	3,5	6,6	0,14	0,03	0,06	40	3	A.G.R.
<i>Cynophalla flexuosa</i>	102	80	0,7311	5	7	8	13	20	8,0	3,2	5,5	0,18	0,03	0,05	23	3	T.D.A.
<i>Piptadenia viridiflora</i>	88	70	0,3055	4	6	3	7	14	6,5	2,5	5,0	0,18	0,03	0,06	45	3	T.D.A.
<i>Combretum leprosum</i>	84	55	0,2440	4	5	3	7	12	7,5	3,0	5,1	0,11	0,03	0,05	23	3	A.G.R.
<i>Cordia trichotoma</i>	84	50	0,5215	4	5	5	10	14	7,5	3,0	5,5	0,08	0,03	0,05	29	3	A.G.R.
<i>Senegalia polyphylla</i>	48	40	0,0934	2	4	1	3	7	12,0	4,0	6,7	0,20	0,03	0,07	19	2	A.G.R.
<i>Pilocarpus spicatus</i>	46	35	0,1279	2	3	1	4	7	8,0	4,0	5,8	0,07	0,03	0,05	8	2	A.G.R.
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	36	50	0,5990	2	5	6	8	13	7,5	4,0	4,9	0,10	0,03	0,04	61	3	T.D.A.
<i>Croton limae</i>	34	40	0,1422	2	4	1	3	7	14,0	3,8	7,6	0,25	0,06	0,13	17	2	T.D.A.
<i>Guapira opposita</i>	26	35	0,1277	1	3	1	3	6	7,5	3,5	5,6	0,10	0,03	0,05	35	3	T.D.A.
<i>Annona leptopetala</i>	18	20	0,0379	1	2	0	1	3	7,5	3,8	5,1	0,10	0,04	0,07	23	2	A.G.R.
<i>Mimosa sp.4</i>	16	20	0,0412	1	2	0	1	3	5,5	4,0	5,1	0,05	0,03	0,04	56	2	T.D.A.
<i>Indeterminada 2 (Myrtaceae)</i>	16	35	0,0748	1	3	1	2	5	6,5	4,5	5,6	0,14	0,03	0,05	50	2	U.N.I.
<i>Erythroxylum barbatum</i>	12	15	0,0269	1	1	0	1	2	5,0	2,5	4,3	0,07	0,03	0,05	25	3	T.D.A.
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	10	20	0,2000	0	2	2	3	4	5,8	3,0	4,8	0,05	0,03	0,04	67	2	T.D.A.
<i>Colicodendron yco</i>	8	15	0,0165	0	1	0	1	2	13,0	5,5	11,1	0,17	0,05	0,11	60	2	T.D.A.
<i>Erythroxylum caatingae</i>	6	15	0,0277	0	1	0	1	2	4,5	4,0	4,4	0,04	0,03	0,04	25	4	U.N.I.
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	6	10	0,0627	0	1	1	1	2	6,0	5,5	5,7	0,06	0,04	0,05	67	4	T.D.A.
<i>Xylosma prockia</i>	6	10	0,0109	0	1	0	0	1	12,0	4,0	9,3	0,16	0,04	0,10	0	0	T.D.A.
<i>Anadenanthera colubrina</i>	4	10	0,0462	0	1	0	1	2	5,0	3,5	4,2	0,05	0,04	0,05	0	0	U.N.I.
<i>Bauhinia subclavata</i>	4	10	0,0135	0	1	0	0	1	7,0	6,5	6,8	0,15	0,09	0,12	0	0	U.N.I.
<i>Dalbergia cearensis</i>	4	10	0,0031	0	1	0	0	1	6,0	5,5	5,6	0,06	0,03	0,04	50	4	U.N.I.
<i>Erythroxylum nummularia</i>	4	10	0,0048	0	1	0	0	1	5,0	4,0	4,5	0,04	0,04	0,04	0	0	U.N.I.
<i>Indeterminada 3 (Myrtaceae)</i>	4	10	0,0094	0	1	0	0	1	6,5	6,0	6,2	0,09	0,03	0,05	100	2	U.N.I.
<i>Senegalia langsdorffii</i>	4	5	0,1042	0	0	1	1	2	5,5	4,5	4,8	0,08	0,04	0,06	50	12	T.D.A.
<i>Zanthoxylum gardneri</i>	4	10	0,0190	0	1	0	0	1	4,5	4,5	4,5	0,04	0,04	0,04	100	2	U.N.I.
<i>Allophylus quercifolius</i>	2	5	0,0050	0	0	0	0	1	7,0	7,0	7,0	0,08	0,04	0,06	100	6	A.L.E.
<i>Aspidosperma multiflorum</i>	2	5	0,0316	0	0	0	0	1	4,0	4,0	4,0	0,03	0,03	0,03	0	0	A.L.E.
<i>Aspidosperma pyriforme</i>	2	5	0,0018	0	0	0	0	1	3,8	3,8	3,8	0,04	0,04	0,04	100	2	A.L.E.

Continua

Apêndice 9. Fitossociologia de espécies lenhosas do fragmento C2, ambiente chapada na região do Araripe, Pernambuco, Brasil. Sendo: DA, densidade absoluta; FA, frequência absoluta; DoA, dominância absoluta; DR, densidade relativa; FR, frequência relativa; DoR, dominância relativa; VC, valor de cobertura; VI, valor de importância; DAP, diâmetro a altura do peito, a 1,30 m do solo; e IGA, índice de agregação de McGuinness.

Nome científico	DA	FA	DOA	DR	FR	DOR	VC	VI	Alturas (m)			DAP (m)			Ramificações de fustes		IGA
									Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.	%	Méd. fustes	
<i>Croton limae</i>	170	55	1,0205	12	5	14	26	30	13	4	8	0,15	0,03	0,06	32,9	3	A.G.R.
<i>Erythroxylum caatingae</i>	118	85	0,2353	8	7	3	12	19	10	3,2	6	0,08	0,03	0,05	17,2	2	T.D.A.
<i>Metrodorea mollis</i>	116	35	0,8704	8	3	12	20	23	12	4,5	8	0,19	0,03	0,07	27,6	3	A.G.R.
<i>Pilocarpus spicatus</i>	116	30	0,2519	8	3	3	12	14	5,5	2,6	4	0,09	0,03	0,04	39,2	3	A.G.R.
<i>Trichilia elegans</i>	102	60	0,2561	7	5	3	11	16	9	4	7	0,07	0,03	0,04	20,5	3	A.G.R.
<i>Bauhinia acuruana</i>	76	35	0,1770	5	3	2	8	11	12,5	2,5	6	0,13	0,03	0,06	5,3	2	A.G.R.
<i>Senegalia polyphylla</i>	76	60	0,2318	5	5	3	8	14	9	3,7	6	0,10	0,03	0,05	61,8	3	A.G.R.
<i>Senegalia langsdorffii</i>	68	75	0,5686	5	6	8	12	19	9	3	5	0,09	0,03	0,06	40,6	6	T.D.A.
<i>Byrsonima gardneriana</i>	64	65	0,3218	5	6	4	9	14	15	3	7	0,17	0,03	0,07	6,7	2	T.D.A.
<i>Combretum glaucocarpum</i>	58	60	0,8668	4	5	12	16	21	15	4,5	10	0,32	0,03	0,11	10,3	3	T.D.A.
<i>Stryphnodendron sp.</i>	54	55	0,5969	4	5	8	12	16	6	3	4	0,09	0,03	0,04	17,2	2	T.D.A.
<i>Guapira opposita</i>	50	65	0,1655	4	6	2	6	11	13,5	4,5	9	0,19	0,04	0,10	11,1	2	T.D.A.
<i>Dalbergia cearensis</i>	46	50	0,3084	3	4	4	7	12	7,5	2,5	5	0,11	0,03	0,05	20,0	2	T.D.A.
<i>Trichilia emarginata</i>	32	35	0,2215	2	3	3	5	8	12	3,4	7	0,17	0,03	0,07	29,2	3	T.D.A.
<i>Casearia sp.1</i>	30	30	0,1464	2	3	2	4	7	7,5	3,5	6	0,09	0,03	0,05	13,6	2	A.G.R.
<i>Algrizea minor</i>	26	20	0,0742	2	2	1	3	5	7	2,7	5	0,07	0,03	0,05	28,6	4	A.G.R.
<i>Poeppigia procera</i>	24	40	0,3631	2	3	5	7	10	18	3,5	10	0,26	0,03	0,11	16,7	2	T.D.A.
<i>Annona leptopetala</i>	22	35	0,0800	2	3	1	3	6	7,5	3,5	5	0,08	0,04	0,05	36,4	3	T.D.A.
Indeterminada 2 (Fabaceae)	22	45	0,1547	2	4	2	4	7	10	4	6	0,17	0,04	0,08	9,1	2	U.N.I.
<i>Myrcia guianensis</i>	18	20	0,0328	1	2	0	2	3	10	3,5	5	0,09	0,03	0,05	0,0	0	A.G.R.
<i>Jacaranda jasminoides</i>	16	35	0,0516	1	3	1	2	5	7,5	3,4	6	0,10	0,04	0,05	25,0	2	U.N.I.
Indeterminada 3 (Fabaceae)	14	25	0,0271	1	2	0	1	3	5	2,6	4	0,05	0,03	0,04	42,9	2	T.D.A.
<i>Bauhinia subclavata</i>	12	5	0,0283	1	0	0	1	2	7	4,5	5	0,06	0,03	0,04	0,0	0	A.G.R.
<i>Zanthoxylum gardneri</i>	12	20	0,0157	1	2	0	1	3	7,5	5	6	0,07	0,03	0,05	60,0	3	T.D.A.
<i>Allophylus quercifolius</i>	10	20	0,0402	1	2	1	1	3	4,5	2,5	4	0,04	0,03	0,04	20,0	2	T.D.A.
Indeterminada 10	10	10	0,0117	1	1	0	1	2	6,5	4,5	5	0,06	0,03	0,04	0,0	0	A.G.R.
<i>Eugenia tapacumensis</i>	8	20	0,0087	1	2	0	1	2	4,5	3,2	4	0,04	0,03	0,04	0,0	0	U.N.I.
<i>Casearia sp.2</i>	8	10	0,0461	1	1	1	1	2	4,5	2,7	4	0,07	0,04	0,06	50,0	4	T.D.A.
Indeterminada 14	8	15	0,0455	1	1	1	1	2	6	5	5	0,06	0,03	0,04	75,0	4	T.D.A.
<i>Chloroleucon foliolosum</i>	4	10	0,0251	0	1	0	1	1	3,5	2,5	3	0,09	0,03	0,05	50,0	4	U.N.I.
<i>Swartzia psilonema</i>	4	5	0,0330	0	0	0	1	1	7,5	7	7	0,11	0,04	0,08	50,0	2	T.D.A.
<i>Brosimum gaudichaudii</i>	2	5	0,1019	0	0	1	2	2	5	5	5	0,03	0,03	0,03	0,0	0	A.L.E.
<i>Byrsonima vacciniifolia</i>	2	5	0,0045	0	0	0	0	1	4,5	4,5	5	0,05	0,05	0,05	0,0	0	A.L.E.

Continua ...

Apêndice 10. Fitossociologia de espécies lenhosas do fragmento C3, ambiente chapada na região do Araripe, Pernambuco, Brasil. Sendo: DA, densidade absoluta; FA, frequência absoluta; DoA, dominância absoluta; DR, densidade relativa; FR, frequência relativa; DoR, dominância relativa; VC, valor de cobertura; VI, valor de importância; DAP, diâmetro a altura do peito, a 1,30 m do solo; e IGA, índice de agregação de McGuinness.

Nome científico	DA	FA	DOA	DR	FR	DOR	VC	VI	Alturas (m)			DAP (m)			Ramificações de fustes		IGA
									Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.	%	Média fustes	
<i>Ocotea nítida</i>	352	95	1,3140	17	7	9	26	33	14	4	7	0,17	0,03	0,05	32,4	3	A.G.R.
<i>Matayba guianensis</i>	350	80	0,7043	17	6	5	22	28	9	2	6	0,11	0,03	0,05	16,0	2	A.G.R.
<i>Byrsonima vacciniifolia</i>	164	90	2,3857	8	7	17	25	32	14	3	7	0,14	0,03	0,06	48,6	3	T.D.A.
<i>Ouratea parviflora</i>	140	85	0,8765	7	6	6	13	19	10	4	6	0,08	0,03	0,04	12,5	2	T.D.A.
<i>Casearia grandiflora</i>	128	80	0,1949	6	6	1	8	14	13	4	7	0,24	0,03	0,11	30,6	3	T.D.A.
<i>Casearia commersoniana</i>	124	85	0,3620	6	6	3	9	15	7	3	5	0,09	0,03	0,04	48,4	3	T.D.A.
<i>Parkia platycephala</i>	98	70	3,8000	5	5	27	32	37	17	6	10	0,27	0,04	0,16	49,0	3	A.G.R.
<i>Ocotea duckei</i>	96	75	0,4816	5	6	3	8	14	12	4	7	0,15	0,03	0,06	29,2	3	T.D.A.
<i>Guapira opposita</i>	74	70	0,4480	4	5	3	7	12	9	4	6	0,17	0,03	0,07	24,3	2	T.D.A.
<i>Cordia bicolor</i>	60	15	0,2459	3	1	2	5	6	11	3	7	0,15	0,04	0,07	0,0	0	A.G.R.
<i>Ocotea sp.</i>	54	40	0,1682	3	3	1	4	7	11	4	7	0,10	0,03	0,05	11,1	3	A.G.R.
<i>Roupala montana</i>	48	50	0,1954	2	4	1	4	7	9	4	6	0,14	0,03	0,06	12,5	3	T.D.A.
<i>Xylopia laevigata</i>	48	40	0,1110	2	3	1	3	6	7	4	6	0,07	0,03	0,04	33,3	2	A.G.R.
<i>Swartzia psilonema</i>	40	30	0,1564	2	2	1	3	5	11	3	7	0,20	0,03	0,10	30,4	3	A.G.R.
Indeterminada 1	36	30	0,4321	2	2	3	5	7	8	3	6	0,06	0,03	0,04	21,7	2	A.G.R.
<i>Poeppigia procera</i>	34	65	0,7641	2	5	5	7	12	16	4	7	0,14	0,03	0,06	10,0	3	U.N.I.
Indeterminada 12	30	15	0,0475	1	1	0	2	3	13	4	8	0,20	0,04	0,11	5,6	2	A.G.R.
<i>Dimorphandra gardneriana</i>	26	40	0,4324	1	3	3	4	7	15	4	12	0,24	0,06	0,14	17,6	3	T.D.A.
<i>Miconia albicans</i>	26	20	0,0444	1	1	0	2	3	8	4	5	0,06	0,03	0,04	0,0	0	A.G.R.
<i>Myrcia splendens</i>	24	25	0,0401	1	2	0	1	3	8	5	6	0,19	0,04	0,12	30,8	2	A.G.R.
<i>Simarouba amara</i>	24	30	0,1834	1	2	1	2	5	6	3	4	0,06	0,03	0,04	7,7	2	T.D.A.
<i>Hirtella racemosa</i>	22	35	0,0347	1	3	0	1	4	14	5	8	0,20	0,04	0,09	0,0	0	T.D.A.
<i>Zanthoxylum gardneri</i>	12	30	0,0199	1	2	0	1	3	5	3	4	0,05	0,03	0,04	33,3	2	U.N.I.
<i>Chrysophyllum arenarium</i>	10	15	0,0181	0	1	0	1	2	8	4	6	0,05	0,03	0,05	0,0	0	T.D.A.
Indeterminada 1 (Myrtaceae)	10	15	0,0133	0	1	0	1	2	5	4	4	0,04	0,03	0,04	20,0	2	T.D.A.
<i>Vismia guianensis</i>	10	5	0,0974	0	0	1	1	2	8	4	6	0,10	0,04	0,07	80,0	3	A.G.R.
<i>Copaifera coriacea</i>	8	15	0,0985	0	1	1	1	2	12	6	9	0,15	0,03	0,08	50,0	3	T.D.A.
<i>Maprounea guianensis</i>	8	10	0,0312	0	1	0	1	1	8	4	6	0,08	0,04	0,07	0,0	0	T.D.A.
<i>Byrsonima sericea</i>	6	5	0,1982	0	0	1	2	2	5	5	5	0,05	0,04	0,04	0,0	0	A.G.R.

Continua

Apêndice 12. Estimativas de estoque de energia por espécie lenhosas em nove fragmentos de florestas nativas, em diferentes níveis de altitude na região do Araripe, Pernambuco, Brasil. Sendo: V, volume estimado de madeira em $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$; Est_{Real} , estoque estimado de energia por hectare, considerando a madeira recém cortada; $\text{Est}_{\text{U}25\%}$, estoque estimado de energia, considerando a madeira com 25% de umidade; $\text{Est}_{\text{U}0\%}$, estoque estimado de energia, considerando a madeira com 0% de umidade; B1, B2 e B3, fragmentos florestas localizados na baixada (Altitude $\leq 600\text{m}$); E1, E2 e E3, fragmentos da encosta ($600 < \text{Altitude} < 750 \text{ m}$); e C1, C2 e C3, fragmentos da chapada (Altitude $\geq 750\text{m}$).

Nome científico		B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3
<i>Combretum glaucocarpum</i>	V(m^3)	0,0636	0,0836	--	12,6408	6,2410	4,6783	0,0146	8,5639	--
	Est_{Real} (Kcal. ha^{-1})	102.774	135.126	--	20.423.549	10.083.491	7.558.736	23.549	13.836.589	--
	$\text{Est}_{\text{U}25\%}$ (Kcal. ha^{-1})	145.758	191.641	--	28.965.423	14.300.776	10.720.075	33.399	19.623.555	--
	$\text{Est}_{\text{U}0\%}$ (Kcal. ha^{-1})	203.834	267.997	--	40.506.254	19.998.702	14.991.325	46.706	27.442.262	--
<i>Croton limae</i>	V(m^3)	--	--	--	0,6570	0,0287	3,5584	1,8240	7,0460	--
	Est_{Real} (Kcal. ha^{-1})	--	--	--	1.001.564	43.692	5.424.575	2.780.631	10.741.370	--
	$\text{Est}_{\text{U}25\%}$ (Kcal. ha^{-1})	--	--	--	1.532.218	66.842	8.298.651	4.253.879	16.432.417	--
	$\text{Est}_{\text{U}0\%}$ (Kcal. ha^{-1})	--	--	--	2.137.850	93.262	11.578.817	5.935.289	22.927.576	--
<i>Croton blanchetianus</i>	V(m^3)	2,6618	2,0030	2,1486	8,0392	--	--	--	--	--
	Est_{Real} (Kcal. ha^{-1})	4.736.552	3.564.281	3.823.344	14.305.160	--	--	--	--	--
	$\text{Est}_{\text{U}25\%}$ (Kcal. ha^{-1})	5.405.659	4.067.788	4.363.447	16.325.971	--	--	--	--	--
	$\text{Est}_{\text{U}0\%}$ (Kcal. ha^{-1})	7.545.172	5.677.783	6.090.461	22.787.649	--	--	--	--	--
<i>Cynophalla flexuosa</i>	V(m^3)	0,0509	0,3373	2,2226	3,0142	4,7011	0,0837	--	--	--
	Est_{Real} (Kcal. ha^{-1})	50.984	338.125	2.227.919	3.021.339	4.712.288	83.865	--	--	--
	$\text{Est}_{\text{U}25\%}$ (Kcal. ha^{-1})	101.461	672.890	4.433.691	6.012.643	9.377.730	166.895	--	--	--
	$\text{Est}_{\text{U}0\%}$ (Kcal. ha^{-1})	141.981	941.613	6.204.320	8.413.838	13.122.799	233.546	--	--	--
<i>Guapira opposita</i>	V(m^3)	0,0595	1,2635	0,1973	0,5293	0,2591	3,1376	5,0908	0,6968	2,1788
	Est_{Real} (Kcal. ha^{-1})	200	4.251	664	1.781	872	10.555	17.125	2.344	7.329
	$\text{Est}_{\text{U}25\%}$ (Kcal. ha^{-1})	104.552	2.222.023	347.010	930.842	455.681	5.517.684	8.952.451	1.225.302	3.831.507
	$\text{Est}_{\text{U}0\%}$ (Kcal. ha^{-1})	146.132	3.105.728	485.018	1.301.041	636.907	7.712.083	12.512.867	1.712.608	5.355.308
<i>Matayba guianensis</i>	V(m^3)	--	--	--	--	--	--	--	--	3,1651
	Est_{Real} (Kcal. ha^{-1})	--	--	--	--	--	--	--	--	4.070.633
	$\text{Est}_{\text{U}25\%}$ (Kcal. ha^{-1})	--	--	--	--	--	--	--	--	7.518.777
	$\text{Est}_{\text{U}0\%}$ (Kcal. ha^{-1})	--	--	--	--	--	--	--	--	10.512.696

Continua

Apêndice 12, continuação.

Nome científico		B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3
<i>Metrodorea mollis</i>	V(m ³)	--	--	--	--	--	--	3,1670	5,5957	--
	Est _{Real} (Kcal.ha ⁻¹)	--	--	--	--	--	--	4.937.572	8.724.037	--
	Est _{U25%} (Kcal.ha ⁻¹)	--	--	--	--	--	--	7.647.230	13.511.645	--
	Est _{U0%} (Kcal.ha ⁻¹)	--	--	--	--	--	--	10.694.988	18.896.630	--
<i>Poincianella gardneriana</i>	V(m ³)	11,1527	22,8808	11,9854	--	--	--	--	--	--
	Est _{Real} (Kcal.ha ⁻¹)	16.787.646	34.441.434	18.041.158	--	--	--	--	--	--
	Est _{U25%} (Kcal.ha ⁻¹)	25.254.680	51.812.350	27.140.415	--	--	--	--	--	--
	Est _{U0%} (Kcal.ha ⁻¹)	35.351.232	72.526.375	37.990.864	--	--	--	--	--	--
<i>Senegalia langsdorffii</i>	V(m ³)	--	--	--	0,4854	2,7504	3,0205	2,748	2,631	--
	Est _{Real} (Kcal.ha ⁻¹)	--	--	--	919.073	5.207.217	7.966.973	5.203.078	4.981.209	--
	Est _{U25%} (Kcal.ha ⁻¹)	--	--	--	1.280.426	7.254.542	7.966.973	7.248.776	6.939.675	--
	Est _{U0%} (Kcal.ha ⁻¹)	--	--	--	1.791.744	10.151.529	11.148.458	10.143.460	9.710.924	--
<i>Senegalia polyphylla</i>	V(m ³)	--	0,1613	--	0,4343	4,5505	--	--	1,0771	--
	Est _{Real} (Kcal.ha ⁻¹)	--	277.319	--	746.640	7.823.346	--	--	1.851.773	--
	Est _{U25%} (Kcal.ha ⁻¹)	--	390.272	--	1.050.747	11.009.801	--	--	2.606.002	--
	Est _{U0%} (Kcal.ha ⁻¹)	--	546.423	--	1.471.160	15.414.923	--	--	3.648.687	--