



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

BRUNO CRUZ DE SOUZA

TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

**DIVERSIDADE, BIOMASSA AÉREA E ESTIMATIVA DO ESTOQUE DE
CARBONO EM PLANTAS DA CAATINGA EM UM REMANESCENTE SERRANO
NO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO**

**CAMPINA GRANDE
AGOSTO/2009
BRUNO CRUZ DE SOUZA**

**DIVERSIDADE, BIOMASSA AÉREA E ESTIMATIVA DO ESTOQUE DE
CARBONO EM PLANTAS DA CAATINGA EM UM REMANESCENTE SERRANO
NO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO**

Trabalho de Dissertação apresentado ao
Mestrado em Ciência e Tecnologia
Ambiental (MCTA) da Universidade
Estadual da Paraíba em cumprimento as
exigências para obtenção do título de Mestre.

ORIENTADORA: Dra. DILMA MARIA DE BRITO MELO TROVÃO

**CAMPINA GRANDE
AGOSTO/2009
BRUNO CRUZ DE SOUZA**

**DIVERSIDADE, BIOMASSA AÉREA E ESTIMATIVA DO ESTOQUE DE
CARBONO EM PLANTAS DA CAATINGA EM UM REMANESCENTE SERRANO
NO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO**

Aprovado em _____ de _____ de _____

BANCA EXAMINADORA

**Dra. Dilma Maria de Brito Melo Trovão
DB/CCBS/UEPB
Orientadora**

**Dra. Zelma Glebya Maciel Quirino
DEMA/CCAUE/UEPB
Examinadora**

Dr. José Etham de Lucena Barbosa

DB/CCBS/UEPB
Examinador

In memoriam de Maria Cruz de Oliveira

*A minha avó, Maria Cruz de Oliveira,
pela dedicação, carinho e acima de
tudo exemplo de vida, apesar da sua
ausência continua sendo lembrada em
cada conquista e vitória, a sua fé e
perseverança me ensinou a ser tudo
que sou hoje.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me proporcionar a realização de um sonho, sempre quis ser que sou hoje (Biólogo e Mestre).

A Universidade Estadual da Paraíba, por toda a formação recebida e principalmente por ter tido todas as minhas necessidades acadêmicas supridas.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

A professora Dr^a. Dilma Maria de Brito Melo Trovão, pela sua paciência, dedicação e exemplo de competência e capacidade profissional, além disso, por ser muito mais que orientadora, se tornando amiga e companheira.

A minha companheira, namorada, amiga e às vezes “desafeto” Ellen Cristina, por todo carinho, compromisso e dedicação no âmbito profissional e pessoal, espero continuarmos ultrapassando e vencendo etapas importantes nas nossas vidas, juntos.

Aos companheiros de trabalhos de campo Emanuelle Sobral, Pedro Thiago, Betânia Ribeiro e Rayane Souza que sempre estiveram dispostos a ajudarem, sem eles seria impossível a concretização desse trabalho.

Ao mateiro Erinaldo Guedes (Jagunço) pelos momentos de alegria, por todo o trabalho e principalmente por me ensinar muito através dos seus conhecimentos empíricos.

A amizade de Ronaldo Justino que mesmo conhecendo-o desde a graduação, no mestrado foi um verdadeiro companheiro e amigo.

Ao professor Dr^o. Luiz Carlos Serramo Lopez pelo o apoio e auxílio na elaboração do estudo, sempre com explicações e colocações que objetivavam melhorar e enriquecer a pesquisa.

Aos professores Dr^a. Rossana Maria Feitosa de Figueiredo e Dr^o. José Wallace Barbosa do Nascimento da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, pela a importante contribuição em ceder a utilização de equipamentos para a concretização do estudo.

Aos professores Dr^a Zelma Glebya Maciel Quirino e Dr^o. José Etham de Lucena Barbosa por aceitarem compor minha banca e por proporem grandes melhorias nesse trabalho.

A todas as pessoas que contribuíram diretamente ou indiretamente com a concretização desse trabalho e na vitória de mais uma etapa da minha vida.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO	12
REVISÃO DE LITERATURA	14
REFERÊNCIAS	19
<i>CAPÍTULO 1 – Diversidade florística e estimativa de biomassa aérea em zona serrana do Semi-árido</i>	
serrana do Semi-árido	2
	3
RESUMO	2
	3
ABSTRACT	2
	3
Introdução	2
	4
Material e Métodos	2
	5
<i>Caracterização da Área de Estudo</i>	2
	5
<i>Métodos de Amostragem</i>	2
	6
<i>Levantamento Florístico</i>	2
	6
<i>Variáveis estruturais e de diversidade</i>	2
	7
<i>Curva do coletor e estimadores não-paramétricos</i>	2
	7
<i>Determinação da Biomassa Aérea</i>	2
	8
Resultados e	2
Discussão	9
Considerações	3
Finais	6
Referências	3
	6
<i>CAPÍTULO 2 – Estocagem de carbono em comunidade arbóreo-arbustiva no semi-árido nordestino</i>	
árido nordestino	4

Resumo	0
	4
Abstract	0
	4
Introdução	0
	4
Material e métodos	1
	4
<i>Área de estudo</i>	2
	4
<i>Coleta e análise dos dados</i>	2
	4
Resultados e discussão	2
	4
Conclusão	4
	5
Referências	0
	5
	0

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Capítulo 1

Figura 1: Mapa do Brasil destacando o estado da Paraíba e o município de São João do Cariri, localidade do estudo.....	2
	5
Figura 2: Descrição gráfica do método de amostragem do levantamento florístico.....	2
	6
Figura 3: Curvas de acumulação de espécies média pelo o estimador Mao Tau e da amostragem realizada na Serra da Arara.....	2
	9
Figura 4: Comparativo entre os estimadores não-paramétricos e média das espécies observadas nesse estudo.....	3
	3
Figura 5: Distribuição das espécies amostradas na Serra da Arara em classes de diâmetro e altura.....	3
	4

Capítulo 2

Figura 1: Teste de regressão linear entre as medidas de diâmetro ao nível do solo (DNS), altura total (HT) e estoque de carbono (EC).....	4
	7
Figura 2: Teste de regressão potência entre as medidas de diâmetro ao nível do solo (DNS), altura total (HT) e estoque de carbono (EC).....	4
	7
Figura 3: Teste de regressão exponencial entre as medidas de diâmetro ao nível do solo (DNS), altura total (HT) e estoque de carbono (EC).....	4
	8
Figura 4: Teste de regressão logarítmica entre as medidas de diâmetro ao nível do solo (DNS), altura total (HT) e estoque de carbono (EC).....	4
	8
Figura 5: Teste de regressão geométrica entre as medidas de diâmetro ao nível do solo (DNS), altura total (HT) e estoque de carbono (EC).....	4
	8

LISTA DE TABELAS

Pág.

Capítulo 1

Tabela 1. Trabalhos realizados em caatinga utilizados para comparação da diversidade e seus respectivos dados de coordenadas geográficas, altitude e precipitação média anual...	2
	7
Tabela 2. Táxons do componente arbustivo-arbóreo inventariados na Serra da Arara em São João do Cariri, Pb, Brasil.....	3
	0
Tabela 3. Número de indivíduos, total de táxons, rarefação do número de indivíduos e de riqueza de espécies em diferentes mesorregiões do nordeste brasileiro.....	3
	1
Tabela 4. Diversidade registrada em diversos levantamentos realizados em fisionomias	

distintas no semi-árido.....	3
	3
Tabela 5. Número de indivíduos amostrados (N), número de espécies observadas (S_{OBS}), estimadores não-paramétricos <i>Chao 1</i> em intervalos de confiança de 95% e <i>Jackknife 1..</i>	3
	3
Tabela 6. Distribuição de área de projeção da copa (m^2) e Biomassa (Kg) em classes de altura com intervalos de 3 m (< a direita e \geq a esquerda) em caatinga arbustiva-arbóreo na Serra da Arara.....	3
	5

Capítulo 2

Tabela 1. Espécies amostradas, número de indivíduos seccionados = NI, diâmetro ao nível do solo (DNS) e altura total (HT) média, área basal, volume total e área de projeção da copa (APC) das plantas utilizadas para modelagem do estoque de carbono....	4
	4
Tabela 2. Peso seco (Kg) de cada repetição e a média registrada por espécies.....	4
	5
Tabela 3. Modelos de regressão testados, equações alométricas para estimar o estoque de carbono em parte aérea total de plantas da caatinga, em função do diâmetro ao nível do solo (DNS) e seus respectivos coeficientes de determinação.....	4
	9

RESUMO

Dentre os remanescentes existentes, as áreas serranas ainda não foram caracterizadas quanto a sua composição e estrutura, acredita-se que esses remanescentes abrigam uma elevada diversidade biológica. Objetivando ampliar o conhecimento fitoecológico da caatinga, em especial das áreas serranas, nesse estudo avaliou-se a riqueza de espécies, diversidade e estrutura da comunidade vegetal presente e, através de modelos matemáticos propor a elaboração da equação alométrica para estimativa do estoque de carbono em plantas da caatinga. A localidade do estudo foi a Serra da Arara no município de São João do Cariri, microrregião do Cariri Ocidental. O histórico de uso apontou que há 40 anos ocorreu extração de lenha e atualmente a vegetação encontra-se conservada. Para amostragem fitossociológica foi adotado os critérios de inclusão usuais para esse tipo de vegetação, sendo caracterizada

pelo método do ponto-e-quadrante, que consistiu na escolha aleatória de 30 unidades amostrais e em cada uma delas escolhidas 6 plantas-ponto. Os parâmetros calculados de diversidade foram o índice de diversidade de Shannon, riqueza de táxons, equabilidade e os estimadores de riqueza não-paramétricos Chao 1 e Jackknife 1. Para análise estrutural foram determinadas a densidade total e área basal total, sendo as espécies distribuídas em classes de diâmetro e de altura, para determinação estimada da área de projeção de copa e da biomassa, foi utilizadas as equações alométricas, Copa (m^2) = $0,1939 \times \text{diâmetro (cm)}^{1,6311}$ e Biomassa Kg = $0,2627 \cdot \text{DAP}^{1,9010}$. Para elaboração da equação alométrica de estoque de carbono, em função das medidas de DNS e HT, foram testados os modelos de regressão linear simples e múltipla, logarítmico, exponencial, geométrico e função de potência. Todos os dados foram tratados pelos softwares Mata nativa 2 e Bioestat 5.0. Registrou-se 32 espécies em 11 famílias que apresentaram um índice de riqueza de táxon de 4,86 e a diversidade de Shannon 2,71. Valores considerados elevados quando comparados com trabalhos realizados em outras fisionomias de caatinga. Os parâmetros de estrutura apresentaram valores baixos, densidade ($2,395 \text{ planta/ha}^{-1}$), área basal ($6,69 \text{ m}^2/\text{ha}^{-1}$), altura e diâmetro médios (3,52 m e 8,67 cm), área da copa ($5,872 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) e biomassa ($16,3 \text{ Kg ha}^{-1}$). As espécies dominantes foram do estrato arbustivo, confirmando-se que a vegetação dos Cariris Velhos apresenta uma fisionomia de espécimes com porte “baixo” e por se distribuírem de forma esparsa, considera-se aberta, no entanto, sua diversidade é alta provavelmente por se tratar de uma área serrana, indicando que estas áreas são mais conservadas e assim desempenham função de zonas tampão para essas localidades. Após os testes de modelagem da equação de estoque de carbono, observou-se que a variável altura total (HT) quando avaliada isoladamente demonstrou baixos valores para o coeficiente de determinação R^2 , não sendo recomendada para estimar o estoque de carbono (EC). O DNS apresentou melhor correlação com o EC, porém, os valores obtidos para o coeficiente de determinação foram insuficientes, sendo possível explicar apenas 40% das variações. A combinação do DNS com a HT resultou em melhoria no valor do coeficiente. Os modelos que melhor se adequaram foram a função do tipo potência ($\text{EC} = a \text{ DNS}^b$) e a regressão linear simples e múltipla ($\text{EC} = a + bX$), no entanto, a baixa amostragem não permitiu formular uma equação, de maior precisão, que possibilitasse estimar o potencial de estoque de carbono em plantas da caatinga.

Palavras-chave: Semi-árido; caatinga; equação alométrica; estoque de carbono; ecologia Vegetal.

ABSTRACT

Among the remaining existing mountainous areas have not yet been characterized for their composition and structure, it is believed that these remnants harbor a high biological diversity. Seeking to expand the knowledge phytoecological caatinga, particularly mountainous areas, this study assessed the species richness, diversity and plant community structure present and, through mathematical models propose drawing the allometric equation for estimating carbon stock in plants of the caatinga. The location of the study was the Serra da Arara in the municipality of São João do Cariri micro Cariri West. The land use history showed that there occurred 40 years extraction of firewood and currently the vegetation is retained. To phytosociological sampling was adopted the usual inclusion criteria for this type

of vegetation, characterized by the method of point-and-quadrant, which consisted of randomly selecting 30 sample units, and each plant chosen 6-point. The calculated parameters of diversity were the index of Shannon diversity, richness of taxa, equitability and richness estimators nonparametric Chao 1 and Jackknife 1. For structural analysis were determined by the total density and basal area, and the species in diameter classes and high, estimated to determine the projection area and canopy biomass was used the allometric equations, $Copa (m^2) = 0,1939 \times diameter (cm)^{1.6311}$ and $Biomass Kg = 0.2627 DAP^{1.9010}$. To elaborate the allometric equation of carbon stock, depending on the measures and DNS HT were tested regression models simple and multiple linear, logarithmic, exponential, geometric and power function. All data were processed by the software Native forest 2 and Bioestat 5.0. It was recorded 32 species in 11 families who had a rate of taxon richness and diversity of 4.86 Shannon 2.71. Values considered high when compared with work done on other studies of caatinga. The structural parameters showed low values, density (2.395 planta/ha-1), basal area (6.69 m²/ha⁻¹), average height and diameter (3.52 and 8.67 cm), crown area (5872 m² ha⁻¹) and biomass (16.3 kg ha⁻¹). The dominant species were the shrub layer, confirming that the vegetation in Old Cariris presents a face-sized specimens with "low" and are distributed in a scattered way, it is open, however, their diversity is high probably because we it is a mountainous area, indicating that these areas are conserved and thus play role of buffer zones for these locations. After testing the equation modeling carbon stock, it was observed that the variable total height (HT) when evaluated alone showed low values for the coefficient of determination R² is not recommended for estimating carbon stock (CS). DNS showed the best correlation with the CS, however, the values obtained for the coefficient of determination were insufficient and can explain only 40% of variations. The combination of the DNS with HT resulted in improvement in the value of the coefficient. The models that were best suited to the type potency ($CS = a DNS^b$) and linear regression and multiple ($CS = a + bX$), however, the small sample did not arrive at an equation for greater accuracy, which allow us to estimate the potential carbon storage in plants of the caatinga.

Key Words: Semi-arid; caatinga; allometric equation; carbon storage; plant ecology.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional tem exercido forte pressão sobre os ecossistemas do planeta, o progressivo aumento na extração e exploração dos recursos naturais e a ocupação desordenada no uso da terra afetam diretamente a capacidade de suporte dos sistemas naturais, tornando-os vulneráveis e favorecendo a perda gradativa da diversidade biológica.

A modificação nas paisagens naturais decorrentes da ação humana proporciona uma taxa de alteração bastante superior à dinâmica de perturbação natural dos ecossistemas. O

acréscimo na produção científica relacionada a políticas públicas, de uso e ocupação do solo, torna-se necessário para salvar muitas regiões extremamente ameaçadas e, conjuntamente, no futuro, corroborar para o manejo de grandes regiões naturais que irão enfrentar ondas de desenvolvimento econômico (TABARELLI e GASCON, 2005).

Não obstante desta realidade, a caatinga sofre modificações na sua estrutura e composição, que cada vez mais afetam sua composição e recorte espacial, tornando-a vulnerável e fragmentada. Sobre esses aspectos, Sampaio et al. (2003) afirmam que a caatinga vem sendo substituída pelo sistema agropastoril, cujo modelo tem se revelado insustentável, causando danos socioeconômicos e ecológicos como empobrecimento da biota, degradação física dos solos e desertificação a vastas áreas do interior nordestino.

A província da caatinga *sensu latu* se encontra inserida no domínio do semi-árido, sendo a formação predominante nesta região brasileira. Atualmente, a caatinga detém uma área de aproximadamente 900 Km² correspondendo à cerca de 60% do nordeste brasileiro (SILVA et al., 2004) possuindo 80% dos seus ecossistemas naturais alterados, sendo 40% destes, fundamentalmente constituídos por estágio de pioneirismo (ARAÚJO-FILHO, 1996).

As regiões semi-áridas são caracterizadas por terem altas temperaturas, reduzida pluviosidade, solos pouco intemperizados e pequena produção de fitomassa (ARAÚJO-FILHO, 2002), aliada as condições edafoclimáticas, as modificações no habitat têm contribuído para a formação de novas fisionomias e fragmentado diversas regiões naturais.

O cariri paraibano possui características peculiares que condicionam uma fragilidade específica de seus ecossistemas frente às ações de origem antrópica. De acordo com Prado (2003) os baixos índices de precipitação registrados na região influenciaram na formação de uma vegetação que varia de caatinga arbustiva densa ou aberta. Ainda sobre essa perspectiva, dentre as regiões semi-áridas do mundo, o nordeste brasileiro é a mais populosa com cerca de 18 milhões de pessoas, dos quais, 200.000 mil habitam o cariri paraibano (IBGE, 2006).

O adensamento populacional exerce forte pressão nesta região resultando na diminuição da biodiversidade local e reduzindo suas áreas com vegetação nativa para pequenas manchas esparsas, especialmente para as zonas altitudinais. A nova configuração presente sugere que as serras e serrotes se tornaram refúgios de uma formação vegetal mais “preservada”, a barreira natural à extração dos recursos madeireiros e a dificuldade na implantação de atividades agropastoris, justificam a manutenção desses fragmentos em estágios mais avançados de sucessão.

As áreas serranas do cariri paraibano ainda não foram caracterizadas quanto a sua composição e estrutura, acredita-se que esses remanescentes abrigam uma elevada diversidade

biológica. A importância ecológica dessa vegetação que abriga milhares de espécies deve ser compreendida, fato que fomentará a elaboração de planos de gestão e manejo.

Baseados nessa prerrogativa, alguns trabalhos desenvolvidos em diversas fisionomias da caatinga caracterizaram estruturalmente estas áreas serranas (SALES et al., 1998; FERRAZ et al., 1998; CAVALCANTE et al., 2000; MOURA e SAMPAIO, 2001; RODAL e NASCIMENTO, 2002; FERRAZ et al., 2003; AGRA, et al., 2004; RODAL et al., 2005 e LIMA et al., 2007), no entanto, grande parte dessas pesquisas foram em enclaves de floresta úmida e sub-úmida.

A escassez de informações sobre os remanescentes altitudinais se torna mais grave ainda quando se trata de estimar ou medir biomassa. Para a caatinga, apenas os trabalhos desenvolvidos por Kauffman et al. (1993) no município de Serra Talhada, PE e por Costa et al. (2002) no Seridó do Rio Grande do Norte, incluíram este importante parâmetro, de biomassa, no entanto, nenhum deles foi em áreas de serra. É importante ressaltar também, que apenas recentemente foi desenvolvida por Sampaio e Silva (2005) a primeira equação para estimar a biomassa de plantas em áreas de caatinga. Com relação a estoque de carbono em áreas similares, ainda não foram desenvolvidos estudos.

Sendo assim, a insuficiência comprovada de conhecimentos sobre os remanescentes e a carência de compreender alguns aspectos ecológicos da vegetação existente em áreas de serras, justificam a importância da presente pesquisa, que tem por objetivo geral avaliar a riqueza de espécies, diversidade e biomassa aérea de plantas da caatinga em um remanescente serrano do trópico semi-árido brasileiro e, o objetivo específico é elaborar a equação que estime o estoque de carbono para esse tipo de formação vegetal, por meio de relações alométricas.

REVISÃO DE LITERATURA

A caatinga e seus aspectos gerais

A caatinga encontra-se inserida no domínio morfoclimático do semi-árido que se estende por cerca de 800.000 km² no nordeste brasileiro (AB'SABER, 1974). Para Heywood (1997) constitui um grande centro de biodiversidade do novo mundo. A formação vegetal da caatinga é bastante reconhecível e distinta dos demais biomas por apresentar

um conjunto florístico nada similar, fato que implica em uma classificação diferenciada (SAMPAIO, 1996).

As temperaturas médias registradas é por volta de 28° C, fato que a torna uma das zonas semi-áridas mais quentes do mundo. As chuvas são distribuídas de forma desigual em espaço e tempo distinguível, tornando os rios intermitentes e a capacidade de armazenamento de água no solo escassa ou nula (AB'SABER, 1974 e ANDRADE-LIMA, 1981).

As condições de semi-aridez do Nordeste brasileiro reportam-se aos fins do Terciário e ao início do Quaternário, quando alterações bruscas, de origem planetária, provocaram mudanças de grande magnitude, gerando vastos aplainamentos, que deram origens às depressões interplanálticas semi-áridas do nordeste (AB'SABER, 1977). No período Terciário ocorreram sucessivas etapas erosivas na superfície da região, tornando-a desgastada profundamente até o limite do cristalino, esse fato originou relevos residuais dispersos na depressão interplanáltica, por efeito de erosão diferencial (AB'SABER, 1962).

De acordo com Gomes et al. (2006) todo o processo de modificação geomorfológica favoreceu o estabelecimento de formações não florestais nas depressões (caducifolia e espinhosa) e, formações florestais constituídas basicamente por arbustivas estacionais não espinhosas ocuparam os relevos residuais (serras e chapadas). Para Andrade-Lima, (1973) dentre as diferentes formações vegetais da caatinga, sem dúvida alguma, as florestas situadas nas serras são as de maior riqueza florística

O domínio do semi-árido e grande parte das suas tipologias são reconhecidos em mapas vegetacionais como savana-estépica, em especial, as áreas de depressão por ter a caducifolia como principal característica (KOZLOWSKI et al., 1991). Sendo assim, a savana-estépica pode ser classificada na caatinga como Vegetação Caducifolia Espinhosa (VCE), Florestas Ombrófilas e Estacionais nos Brejos de Altitude (FEA) e largas áreas ecotonais, com áreas de Cerrado a oeste e Mata Atlântica ao Sul/Sudeste (SOUZA et al., 1994).

De acordo com as variações edafoclimáticas as Caatingas podem ser caracterizadas como florestas arbóreas ou arbustivas, compreendendo principalmente árvores e arbustos baixos, muitos dos quais apresentam espinhos, microfilia e características xerofíticas (BERNARDES, 1985, FERNANDES, 2000 e PRADO, 2003). Sobre esse aspecto, Amorim et al. (2005) elucidam que a caatinga apresenta grande variação fisionômica, principalmente quanto à densidade e ao porte das plantas. Mudanças ocorridas em escala local, sendo facilmente reconhecíveis e geralmente ligadas a uma alteração ambiental claramente identificável.

As heterogeneidades dos ecossistemas presentes na caatinga demonstram o alto grau de especialização que a comunidade foi submetida a se adaptar. Para Silva et al. (2004) as plantas pertencentes à vasta zona de domínio das Caatingas não possuem características uniformes, mas cada espécie detêm características intrínsecas que associadas aos fatores ambientais que as permeiam, as distribuem de modo que suas áreas de ocorrência têm um grau de sobreposição razoável. Tal fato permite identificar áreas nucleares, que se diferenciam de áreas marginais justamente por terem maior número de características consideradas básicas.

O conjunto florístico apresenta altos índices de endemismo (ANDRADE-LIMA, 1966 e RIZZINI, 1979), com cerca de 30% da flora descrita de caráter endêmico (GIULIETTI et al., 2002). A composição é caracterizada por plantas xerófilas, árvores decíduas e arbustos espinhosos, bem como, plantas suculentas e arbustos sazonais (ANDRADE-LIMA, 1981).

Além da demonstrada diversificação de ecossistemas e habitats, o semi-árido nordestino é um dos mais populosos a nível mundial se comparado com demais domínios semi-áridos. Para Francelino et al. (2003), o adensamento humano, atípico para uma região semi-árida, acentua a debilidade do seu ecossistema, e a locação de projetos de assentamentos para essas condições deveria considerar a fragilidade e, exigir maior preocupação com a escassez dos recursos naturais.

Como resultado de todos esses fatores, a região semi-árida no Nordeste brasileiro configura-se em um ambiente extremamente frágil, tanto do ponto de vista ambiental quanto socioeconômico (BREMAN e KESSLER, 1997; SÁNCHEZ, 2001).

Biomassa nos ecossistemas

As plantas, algas e algumas bactérias fotossintetizantes captam energia luminosa e a transformam em energia de ligações químicas nos carboidratos, processo no qual se pode definir como produção primária. A taxa de produção determina a energia total disponível no ecossistema, no entanto, a energia acumulada e disponível para os consumidores é denominada produção primária líquida, esta por sua vez, pode ser estimada pela a quantidade de biomassa vegetal aérea produzida (RICKLEFS, 2003).

De acordo com Burger (2005) a biomassa constitui um importante aspecto para caracterização estrutural dos ecossistemas, devido demonstrar o potencial de acumulação de energia e nutrientes pela a biota. Além disso, constitui-se um parâmetro relevante para a

análise e monitoramento dos ecossistemas, bem como para avaliação de impactos, análise de estágios de sucessão e avaliação da capacidade de produção primária.

As estimativas de biomassa florestal são informações imprescindíveis nas questões ligadas, entre outras, às áreas de manejo florestal e de clima. No primeiro caso, a biomassa está relacionada com os estoques de macro e micro nutrientes da vegetação, que são obtidos pelo produto da massa pelos teores de cada mineral. No caso do clima, a biomassa é usada para estimar o balanço de carbono da interação biosfera-atmosfera (SILVA, 2007 apud HIGUCHI, 2001).

A fitomassa, principalmente arbórea, é informação necessária em atividades econômicas e ambientais, como políticas de uso do recurso madeireiro, manejo florestal, estudos de ciclagem de nutrientes, absorção de CO₂, entre outros (COSTA et al., 2002). Atualmente, estudos que objetivam estimar a biomassa de áreas florestais vêm se tornando cada vez mais imprescindíveis, devido esse parâmetro ser preponderante para estimar os reservatórios naturais de carbono.

A obtenção de estimativas precisas de produtividade em formações vegetais tropicais é um pré-requisito importante no estabelecimento de ações de manejo (RESENDE et al., 2006). Para Resende e Felfili (2004), os ecossistemas tropicais desempenham um importante papel no ciclo global do carbono. Os métodos adotados para quantificação da biomassa podem variar de destrutivos a não destrutivos, no geral, o método destrutivo permite a quantificação direta da biomassa existente. Embora, a prática não destrutiva seja mais indicada para estudos de longo prazo que visem monitorar o crescimento ao longo do tempo (KUNTSCHIK, 2004; e BURGER, 2005).

Tanto o fluxo quanto balanço de carbono têm merecido muita atenção nos últimos anos devido à importância que alguns gases, que contêm esse elemento, desempenham nos processos de mudanças ambientais, principalmente no aquecimento global da atmosfera (KUNTSCHIK, 2004). Acordos internacionais que têm como proposta a diminuição gradativa na emissão de carbono através da substituição de combustíveis fósseis (Protocolo de Kyoto) e a criação do mercado que comercializam quotas para emissão de carbono *International Emissions Trading* (IET), tem fortemente influenciado a comunidade científica a produzir conhecimento sobre a capacidade das áreas florestais em estocarem o carbono.

Estocagem de carbono

Os reservatórios de CO₂ na terra e nos oceanos são maiores que o total de CO₂ na atmosfera. Pequenas mudanças nesses grandes reservatórios podem causar efeitos significativos na concentração atmosférica. A liberação de 2% de carbono estocado nos oceanos, por exemplo, poderá dobrar a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera (REZENDE, 2000).

O aumento das concentrações de CO₂ na atmosfera e as conseqüências sobre as mudanças climáticas globais tem sido um assunto de grande preocupação mundial (RESENDE e FELFILI, 2004). Segundo Albringtton et al. (2001), o valor médio do acréscimo das concentrações de CO₂ na atmosfera, desde 1980, tem sido de aproximadamente 0,4% ano⁻¹. Devido à grande extensão território do Brasil, os ecossistemas brasileiros desempenham um papel significativo no balanço global de carbono, respondendo por 4 a 5 % da emissão total de carbono para a atmosfera (SCHOEDER e WINJUM, 1995).

De acordo com Fearnside (2003) as florestas armazenam carbono tanto na forma de biomassa viva, quanto na acumulação no solo. Quando o desmatamento acontece, muito deste carbono será liberado à atmosfera como gás carbônico (CO₂) e como metano (CH₄). Embora globalmente a maior parte (aproximadamente 70%) das emissões antropogênicas de gases de efeito estufa venha da queima de combustível fóssil e da manufatura de cimento, o resto (aproximadamente 30%) é liberado por mudanças do uso da terra, especialmente o desmatamento. No caso do Brasil, (80% aproximadamente) das emissões são provenientes do desmatamento.

No entanto, alterações decorrentes de distúrbios naturais ou antrópicos provocam mudanças nos fluxos de carbono para a atmosfera (RESENDE e FELFILI, 2004), dependendo da região geográfica, as florestas poderiam ser tanto sumidouros quanto fonte de carbono da atmosfera (SALESKA et al., 2003).

No geral, a proporção de carbono estocado na matéria seca, madeira, pode ser de 50% para espécies folhosas (BROWNING, 1963 e FEARNSIDE, 2007). Porém, quando uma área floresta é cortada um pulso de carbono é rapidamente emitido para a atmosfera, Araújo et al. (1999) ao realizar um experimento similar a prática dos agricultores de corte e queimada, perceberam que o fogo promoveu a emissão de cerca de 19,1 t C ha⁻¹, bem como a modificação da paisagem alterou o balanço de carbono na região.

Portanto, o ajustamento de técnicas que estimem a capacidade de estoque de carbono para espécies florestais, auxilia diretamente na elaboração de plano de manejo para essas áreas, além disso, contribui para a compreensão dos aspectos ecológicos envolvidos diretamente na capacidade de suporte e potencialidade energética dos ecossistemas.

Equações Alométricas

A heterogeneidade de habitat principalmente nas florestas tropicais dificulta a elaboração de modelos que generalizem a fitomassa dos ecossistemas, para tal feito, extensas áreas deveriam ser derrubadas para aquisição de dados representativos. Uma alternativa proposta por Brown et al. (1989), foi a utilização dos dados coletados em inventários florestais para estimar a fitomassa de áreas florestais.

A estimativa aplica-se aos métodos não destrutivos para avaliação da biomassa vegetal, basicamente utilizando a modelagem de parâmetros biofísicos através de equações alométricas. De acordo com Begon et al. (1986) pode se dizer que uma relação é alométrica quando uma característica física ou fisiológica sofre variação de acordo com tamanho do organismo.

O uso de equações alométricas tem adquirido importância pela rapidez, baixo custo e relativa precisão dos resultados que elas fornecem. As equações mais simples consideram apenas um único elemento da árvore, a partir desse dado, se estima a biomassa. Assim, uma alternativa é obter a circunferência à altura do peito (CAP), diâmetro à altura do peito (DAP) ou a altura da planta, determinando assim sua biomassa por intermédio de fórmulas, tabelas ou representações gráficas (SCOLFORO e MELO, 1997).

A inclusão de outros parâmetros nas equações possibilita obter melhores respostas e maior precisão na estimativa da biomassa. Portanto, os parâmetros mais utilizados neste tipo de algoritmo é a altura (H) e/ou DAP ou o diâmetro na altura da base (DB) (BROWN et al., 1989). Porém, de acordo com Kuntschik (2004) a aplicação dessa metodologia deva estar limitada apenas para casos que o grau de precisão não seja tão elevado, como por exemplo, a obtenção da estimativa geral dos recursos florestais existentes em uma determinada área.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A.N.. O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras. **Geomorfologia**. v. 43, p.1-39, 1974.

AB'SABER, A.N.. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul. Primeira aproximação. **Geomorfologia**. v.52, p.1-21, 1977.

AB'SABER, A. N.. **Ecosistemas Continentais**. RQMA. Edited by OLIVEIRA, E. M. and KCOWICZ, Z. Brasília: SEMA, 1962.

AGRA, F.M.; BARBOSA, M.R.V. e STEVENS, W.D. Levantamento florístico preliminar do Pico do Jabre, Paraíba, Brasil. In: PORTO, K.C.; CABRAL, J.J.P. & TABARELLI, M. (Orgs.). **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004, p.123-138.

ALBRIGTTON. Technical Summary. In: HOUNGTON et al. (eds.). **Climate change 2001: The scientific basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 21-83.

ANDRADE-LIMA, D. de. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, p. 149-153, 1981.

ANDRADE-LIMA, D. de. **Vegetação. Atlas Nacional do Brasil**. V. 2. IBGE. Conselho Nacional de Geografia, Rio de Janeiro: 1966.

ANDRADE-LIMA, D. de.. Traços gerais do agreste de Pernambuco.. In: **Anais do 23^a Congresso Brasileiro de Botânica**. Sociedade Brasileira de Botânica. Recife, 1973. p. 85-88.

ARAÚJO, T.M.; CARVALHO JR., J.A.; HIGUCHI, N.; BRASIL JR., A.C.P. e MESQUITA, A.L.A.. A tropical rain forest clearing experiment by biomass burning in the state of Pará, Brazil. **Atmospheric Environment**, v. 33, 1999. p.1991-1998.

ARAÚJO-FILHO, J. A. **Desenvolvimento sustentável da caatinga**. Sobral: Ministério da Agricultura/EMBRAPA/CNPC, 1996. 20 p.

ARAÚJO-FILHO, J.A. Caatinga: agroecologia *versus* desertificação. **Ciência Hoje**, v. 30, n. 180, p. 44-45, 2002.

BEGON, M.; HARPER, J. L. e TOWNSEND, C. D.. **Ecology: individuals, populations and communities**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1986.

BERNADES, N. **As caatingas** [S.J.:S.N.]. Coleção Mossoroense, 1985, 304p.

BREMAN, H.; KESSLER, J.J.. The potential benefits of agroforestry in the Sahel and other semi – arid regions. **European Journal of Agronomy**, v. 7, p. 25-33, 1997.

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

BROWNING, B. L.. The chemistry of Wood. London: **Interscience**, p. 63, 1963.

BURGER, D. M.. **Modelos alométricos para a estimativa da fitomassa de mata Atlântica na Serra do Mar, SP**. Tese (doutorado) Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005. p. 112.

- CAVALCANTE, A. M. B.; SOARES, J.J. e FIGUEIREDO, M. A.. Comparative phytosociology of tree sinusiae between contiguous forests in different stages of succession. **Revista Brasileira de Biologia**. n. 60, p. 551-562, 2000.
- COSTA, T.C.C.; ACCIOLY, L.J.O.; OLIVEIRA, M.A.J.; BURGOS, N. E SILVA, F.H.B.B.. Phytomass mapping of the “Seridó caatinga” vegetation by the plant area and the normalized difference vegetation indices. **Scientia Agrícola**. n. 59, p. 707-715, 2002.
- FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira**. 2.ed. Fortaleza: Multigraf, 2000. p. 341.
- FEARNSIDE, P.M.. Emissões de Gases de Efeito Estufa Oriundas da Mudança do Uso da Terra na Amazônia Brasileira. p. 45-68 In: **A Floresta Amazônica nas Mudanças Globais**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, Manaus, 2003. 134 p.
- FERNANDES, P. M.. Serviços ambientais como base para o uso sustentável de florestas tropicais na Amazônia brasileira. In: BUENAFUENTE, S. (ed.) **Amazônia: riquezas naturais e sustentabilidade sócio-ambiental**. Boa Vista: Editora da Universidade Federal de Roraima, 2007.
- FERRAZ, E.M.N.; RODAL, M.J.N. e SAMPAIO, E.V.S.B. Physiognomy and structure of vegetation along an altitudinal gradient in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Phytocoenologia**. V. 33, n.1, p.71-92, 2003.
- FERRAZ, E.M.N.; RODAL, M.J.N.; SAMPAIO, E.V.S.B. e PEREIRA, R. DE C.A.. Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajeú, Pernambuco. **Revista Brasileira de Botânica**. V. 21, n.1, p. 7-15, 1998.
- FRANCELINO, M. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; RESENDE, M. e LEITE, H. G.. Contribuição da caatinga na sustentabilidade de projetos de assentamentos no sertão norte-riograndense. **Revista Árvore**. Viçosa, v.27, n.1, p.79-86, 2003.
- GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P.; BARBOSA, M. R. V.; BOCAGNETA, A. L. e FIGUEIREDO, M. A. 2002. Espécies endêmicas da caatinga. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGÍNIO, J. & GAMARRA-ROJAS, C. F. L. (eds.). **Vegetação e flora da caatinga**. Recife: APNE/CNIP, 2002. p. 103-118.
- GOMES, A. P. de S.; RODAL, M. J. N.; MELO, A. L. de. Florística e fitogeografia da vegetação arbustiva subcaducifólia da Chapada de São José, Buíque, PE, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**. São Paulo, v. 20, n. 1, p. 37-48, 2006.
- HEYWOOD, V.H.. **Centres of plant diversity**. WWF/IUCN, London: 1997.
- IBGE. **Censo agropecuário**. Rio de Janeiro, Instituto brasileiro de Geografia e Estatística, 2006.
- KAUFFMAN J.B.; SANFORD, R.L.; CUMMINGS, D.L.; SALCEDO, I.H.E SAMPAIO, E.V.S.B.. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests. **Ecology**. n.74, 140-151, 1993.

KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J. E PALLARDY, S. G.. **Physiological ecology of woody plants**. Academic Press: New York, 1991.

KUNTSCHIK, G.. **Estimativa de biomassa vegetal lenhosa em cerrado por meio de sensoriamento remoto óptico e de radar**. Tese (doutorado) Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004. p. 154.

LIMA, J. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. e ARAÚJO, F. S. de. Estrutura da floresta estacional decidual montana (mata seca) da RPPN Serra das Almas, Ceará. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 438-440, 2007.

MOURA, F.B.P. e SAMPAIO, E.V.S.B. Flora lenhosa de uma mata serrana semidecídua em Jataúba, Pernambuco. **Revista Nordestina de Biologia**. V. 15, n 1, p. 77-89, 2001.

PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Editora Universitária da UFPE, Recife. 804p. 2003.

RESENDE, A. V. e FELFILI, J. M.. **Avaliação do estoque de carbono do cerrado *sensu stricto* do Brasil Central**. Comunicações técnicas florestais, v. 6, n. 2. Brasília, 2004. p.27.

RESENDE, A. V.; VALE, A. T. DO; SANQUETTA, C. R.; FIGUEIREDO FILHO, A. E FELFILI, J. M.. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado *sensu stricto* em Brasília, DF. **Scientia Forestalis**, n. 71, p. 65-76, 2006.

REZENDE, D.. **Seqüestro de carbono**: uma experiência concreta - estudos iniciais do projeto de seqüestro de carbono da Ilha do Bananal e seu entorno. Goiânia: Ed. Gráfica Terra, 2000.

RICKLEFS, R. E.. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2003. p. 503.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos e florístico**. v.2. São Paulo: HUCITEC, EDUSP. 1979.

RODAL, M. J. N.; LUCENA, M. de F. A.; ANDRADE, K. V. S. A. e MELO, A. L. de. Mata do Toró: uma floresta estacional semidecidual de terras baixas no nordeste do Brasil. **Hoehnea** V. 32, n 2, p. 283-294, 2005.

RODAL, M. J. N.; NASCIMENTO, L. M. do. Floristic survey in the montane forest of the biological reserve of Serra Negra, Pernambuco, Brazil. **Acta Bot. Bras.** São Paulo, v. 16, n. 4, p. 481-500, 2002.

SALES, M. F.; MAYO, S. J. e RODAL, M. J. N. **Plantas vasculares das florestas serranas de Pernambuco - Um checklist da flora ameaçada dos brejos de altitude**. Imprensa Universitária. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife: 1998.

SALESKA, S.R.; MILLER, S.D.; MATROSS, D.M.; GOULDEN, M.L.; WOFSY, S.C.; DA ROCHA, H.R.; DE CAMARGO, P.B.; CRILL, P.; DAUBE, B.C.; DE FREITAS, H.C.;

HUTYRA, L.; KELLER, M.; KIRCHOFF, V.; MENTON, M.; MUNGER, W.; PYLE, E.H.; RICEE, A.H.; SILVA, H.. Carbon in Amazon forests: unexpected seasonal fluxes and disturbance-induced losses. **Science**, V. 302, p.1554–1557. 2003.

SAMPAIO, E.V.S.B. e SILVA, G. C. Biomass equations for Brazilian semiarid caatinga plants. **Acta botânica brasílica**. São Paulo, v.19, n. 4, p. 935-943. 2005.

SAMPAIO, E.V.S.B.. Fitossociologia. 1996, p. 203-224. In: E.V.S.B. SAMPAIO; S.J. MAYO E M.R.V. BARBOSA (eds.). **Pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectivas**. Recife, Sociedade Botânica do Brasil.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SAMPAIO, Y.; VITAL, T.; ARAÚJO, M.S.B. e SAMPAIO, G.R.. **Desertificação no Brasil**. Ed. Universitária UFPE, Recife: 2003.

SÁNCHEZ, M.D. Panorama dos sistemas agrofloretais pecuários na América Latina. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.C.. **Sistemas agrofloretais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: 2001. p. 9-17.

SCHOEDER, P. E. e WINJUM, J. K.. Assessing Brazil's carbon budget: II Biotic fluxes and net carbon balance. **Forest Ecology and Management**, v. 75, p. 87-99, 1995.

SCOLFORO, J. R. e MELLO, J. M.. **Inventário florestal**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1997. p. 334.

SILVA, J. M. C. da, TABARELLI, M., FONSECA, M. T. da e LINS, L. V.. **Biodiversidade da caatinga: Ações prioritárias para a conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

SILVA, R. P.. **Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus(AM)**. Tese (doutorado). INPA/UFAM, Manaus, 2007.152 p.

SOUZA, M. J.N. de; MARTINS, M.L.R.; SOARES, Z.M.L.; FREITAS-FILHO, M.R. de; ALMEIDA, M.A.G. de; PINHEIRO, F.S. de A.; SAMPAIO, M.A.B.; CARVALHO, G.M.B.S.; SOARES, A.M.L.; GOMES, E.C.B. e SILVA, R.A.. Redimensionamento da região semi-árida do Nordeste do Brasil. In: **Conferência Nacional e Seminário Latino-Americano de Desertificação**. Fundação Esquel do Brasil, Fortaleza, 1994.

TABARELLI, M. e GASCON, C.. Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. **Megadiversidade**. V. 1, n. 1, p. 181-188, 2005.

CAPÍTULO 1

Diversidade florística e estimativa de biomassa aérea em zona serrana do semi-árido

Floristic diversity and air biomass estimation of mountainous zone of semi-arid

RESUMO

Avaliou-se a diversidade florística e estrutura fitossociológica de uma comunidade vegetal localizada na Serra da Arara, município de São João do Cariri, PB, Brasil. Os indivíduos com DNS ≥ 3 cm e altura (h) ≥ 1 m foram amostrados pelo método ponto-e-quadrante, sendo estimadas sua área de copa e biomassa aérea. Registrou-se 32 espécies em 11 famílias que apresentaram um índice de riqueza de táxon de 4,86 e a diversidade de Shannon 2,71. Valores considerados elevados quando comparados com trabalhos realizados em outras fisionomias de caatinga. Os parâmetros de estrutura apresentaram valores baixos, densidade (2.395 planta/ha⁻¹), área basal (6,69 m²/ha⁻¹), altura e diâmetro médios (3,52 m e 8,67 cm), área da copa (5.872 m² ha⁻¹) e biomassa (16,3 Kg ha⁻¹). As espécies dominantes foram do estrato arbustivo, confirmando-se que a vegetação dos Cariris Velhos apresenta uma fisionomia de espécimes com porte “baixo” e por se distribuírem de forma esparsa, considera-se aberta, no entanto, sua diversidade é consideravelmente alta provavelmente por se tratar de uma área serrana, indicando que estas áreas são mais conservadas e assim desempenham função de zonas tampão para essas localidades.

Palavras-Chave: Semi-árido, diversidade, biomassa, ecologia vegetal, conservação.

ABSTRACT

To evaluate the floristic diversity and phytosociological structure of a plant community located in the high altitude (mountain) of Arara, municipality of São João do Cariri, PB, Brazil. Individuals with DNS ≥ 3 cm and height (h) ≥ 1 m were sampled by the method point-and-quadrant, and estimated its area of canopy and biomass. It was recorded 32 species in 11 families that showed an index of taxon richness of diversity of 4.86 and 2.71 of Shannon. Values considered high compared with other studies conducted in the caatinga physiognomies. The parameters of structure showed low values, density (2,395 planta/ha⁻¹), basal area (6.69 m²/ha⁻¹), average height and diameter (3.52 m 8.67 cm), crown area (5872 m² ha⁻¹) and biomass (16.3 kg ha⁻¹). The dominant species was the shrub layer, confirming that the vegetation of the Olds “Cariris” gives a face size of specimens with "low" and distribute it so sparse, it is open, however, diversity is probably due to considerably high it is a mountain area, indicating that these areas are preserved and thus play role of buffer zones for these sites.

Key Words: Semiarid, diversity, biomass, vegetable ecology, conservation.

Introdução

A região da caatinga recobre aproximadamente 800.000 Km² do território brasileiro e é compreendida por vários tipos de vegetação, desde florestas secas tropicais sazonais a

campos de vegetação arbustiva e no contexto biogeográfico, desempenha importante papel no cenário da América do Sul (SAMPAIO, 1996; PRADO, 2003). Inserida quase em sua totalidade no domínio morfoclimático do semi-árido, a caatinga, desenvolve-se sobre solos rasos e pedregosos, sendo muitas vezes salinos. Os baixos níveis de umidade, a escassez de chuvas anuais, a irregularidade no ritmo das precipitações ao longo dos anos e o prolongamento dos períodos de carência hídrica, constituíram uma flora composta por espécies totalmente adaptada ao calor e secura (AB'SABER, 1999).

De acordo com Fernandes (2000) é mais prático e assertivo considerar basicamente duas fitofisionomias: caatinga arbórea e caatinga arbustiva. No planalto da Borborema, predominantemente recoberto por caatinga hipoxerófila, existem grandes áreas secas (Cariris e Curimataú-PB) onde prepondera caatinga do tipo hiperxerófila (SILVA et al., 2004). Sobre essa última, Gomes (1979) afirma que a vegetação é baixa e pobre em espécies. Outra característica é que a ação antrópica acentuada gerou alterações nas paisagens naturais, afetando os padrões de distribuição e estrutura das espécies.

Dentre as pressões exercidas sobre a vegetação, as atividades agropastoris e a extração de recursos florestais são as de maior impacto negativo (ANDRADE et al., 2005, SAMPAIO et al., 2003). Dados recentes revelam que mais de 50% do total da energia domiciliar consumida na Paraíba provém de recursos florestais nativos (32,6% de lenha e 24,2% de carvão vegetal), em nível municipal, dos cinco maiores exportadores energéticos florestais do estado, três são da região do Cariri: São João do Cariri (líder geral no estado), Taperoá e Boqueirão (PARAÍBA, 2004).

O comprometimento das áreas de vegetação nativa remanescente é cada vez mais evidente, a vegetação da caatinga vem sendo drasticamente reduzida ou substituída por espécies exóticas de caráter invasor. As zonas serranas aparentemente funcionam como refúgios de uma caatinga dita “conservada”. Para Andrade-Lima (1973) a vegetação residuária que recobre as zonas altitudinais são as de maior riqueza florística.

O conhecimento dos remanescentes florestais localizados em zonas serranas vem sendo ampliado (FERRAZ et al., 1998; RODAL et al., 1998; RODAL e NASCIMENTO, 2002; AGRA, et al., 2004; RODAL et al., 2005; GOMES et al., 2006), no entanto trata-se de análises de remanescentes de florestas estacionais ou ombrófilas. Estudo sobre biomassa aérea ainda são pontuais (KAUFFMAN et al., 1993; COSTA et al., 2002; AMORIM et al., 2005; SILVA e SAMPAIO, 2005, 2008), especificamente, na microrregião do Cariri nenhum estudo foi desenvolvido.

Portanto, considerando a vegetação da microrregião dos Cariris Velhos baixa e pobre conforme alguns autores a descrevem, se testou a hipótese de que a riqueza em espécies, diversidade e estrutura, mesmo em zona serrana, deverá apresenta baixos índices de diversidade com predominância de caatinga hiperxerófila arbustiva aberta com baixos valores para biomassa. Neste estudo, foi descrito a composição e a fitossociologia na serra da Arara em São João do Cariri – PB, inserindo a estimativa de biomassa aérea, objetivando caracterizar a diversidade florística e estrutura da comunidade vegetal e confirmar se os ambientes serranos no cariri são refúgios de uma caatinga dita mais conservada.

Material e métodos

2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido em uma área de serra inserida na mesorregião da Borborema e microrregião do Cariri Ocidental da Paraíba (Fig.1). A localidade é denominada de Serra da Arara e está inserida no município de São João do Cariri ($07^{\circ} 23' 27''$ S e $36^{\circ} 31' 58''$ O) a uma altitude máxima de 649 m.

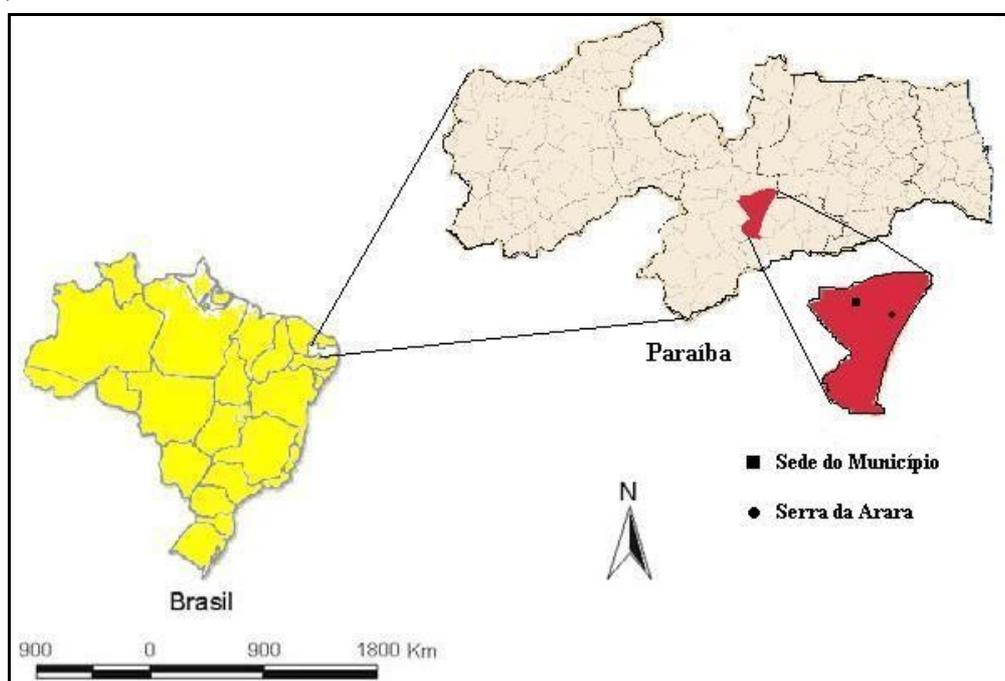


Figura 1: Mapa do Brasil destacando o estado da Paraíba e o município de São João do Cariri, localidade do estudo.

O clima na classificação de Köpen Bsh Semi-árido Quente, correspondente à área mais seca do estado com médias de precipitações de 500 mm. Caracteristicamente, a região possui duas estações definidas, uma chuvosa de março a julho, durando em torno de 3 a 5

meses e, outra seca de agosto a fevereiro, com duração que varia de 7 até 11 meses (EMEPA, 2008). A região apresenta uma topografia constituída por esporões do maciço e escarpas orientais do maciço, estas por sua vez, formam maciços residuais (serras e inselbergs). Toda a microrregião do cariri oriental encontra-se embasada no cristalino que data do período pré-cambriano, sendo a província da Borborema formada por um cinturão orogenético de idade meso a neoproterozóica (AESAs, 2006).

As constituições dos solos nessa região formam um verdadeiro mosaico, no entanto, pode-se citar: Luvisolos, Planossolos e Neossolos lítólicos. Uma característica geral é que são pouco profundos, podendo apresentar elevada saturação de bases, argilas de atividade alta no horizonte B e capacidade de retenção de água disponível média a baixa, necessitando de um manejo eficiente para sua utilização agrícola (EMEPA, 2008).

A vegetação é do tipo caatinga arbustiva aberta, *Caesalpinia-Aspidosperma* (ANDRADE-LIMA, 1981). O levantamento do histórico de uso da área apontou que há cerca de 40 anos atrás ocorreu extração de lenha, com finalidade para construção de cercas. Atualmente, a vegetação encontra-se aparentemente conservada e a única atividade desempenhada, de forma facultativa, é o pastoreio de ovinos, caprinos e bovinos.

2.2 Métodos de amostragem

2.2.1 Levantamento Florístico

Para amostragem da comunidade vegetal foi adotado nesse estudo o método do ponto-e-quadrante (COTTAN e CURTIS, 1956). O método consistiu na escolha aleatória de unidades amostrais cada uma composta por 6 pontos, nas quais um indivíduo era inicialmente tomado por ponto e dos quatro indivíduos mais próximos que formaram um ângulo 90° em relação a planta ponto, foram aferidos o diâmetro ao nível do solo (DNS) e a altura total (h) (Fig. 2). Ao todo foram escolhidas 30 unidades amostrais, totalizando 180 plantas ponto.

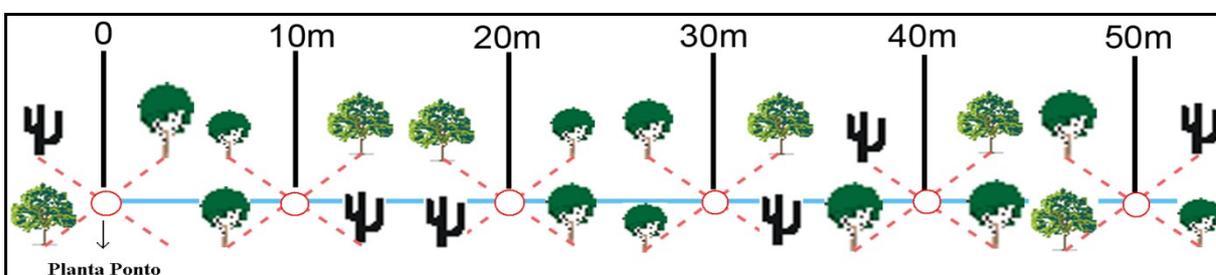


Figura 2: Descrição gráfica do método de amostragem do levantamento florístico.

O critério de inclusão estabelecido para os indivíduos do componente arbóreo-arbustivo presentes em cada ponto-e-quadrante, foi de Altura (h) ≥ 1 m e diâmetro ao nível do solo (DNS) ≥ 3 cm, caracterizando assim indivíduos em estágio adulto para esta formação

(RODAL et al., 1992). Em campo foram utilizados paquímetros para determinação do DNS e vara graduada para estimar a altura.

2.2.2 Variáveis estruturais e de diversidade

As variáveis calculadas para análise da comunidade geral foram: densidade total, a área basal total, os índices de diversidade de Shannon (H') (MAGURRAN, 1988) e Simpson, riqueza de táxons (RT) (WHITTAKER, 1975) e a equabilidade de Pielou (J'). Para análise estrutural as espécies foram distribuídas em classes de diâmetro e de altura, sendo que para cada espécie, as variáveis descritas foram a densidade absoluta e relativa, a área basal, a frequência relativa e absoluta e os índices de valor de importância (VI) e de cobertura (VC). Para estabelecimento dos parâmetros foi utilizado software Mata Nativa (CIENTEC, 2002).

2.2.3 Curva do coletor e estimadores não-paramétricos

Para análise da suficiência amostral, foi construída a curva do coletor ou curva de acumulação de espécies (COWELL e CODDINGTON 1994). De forma comparativa, foram construídas duas curvas, uma realizada a partir dos dados amostrados e outra utilizando o estimador de riqueza de espécies Mao Tau calculado no programa EstimateS 8.0 (Cowell, 2005), que gera 1.000 aleatorizações na ordem das amostras, desta forma, cada amostra apresenta uma média da riqueza acumulada.

A riqueza de espécies registrada foi comparada com outros remanescentes de caatinga situados em fisionomias diferentes, foram selecionados nove estudos (Tab.1) e para cada estudo foi feita a rarefação das amostras utilizando-se os dados disponíveis de riqueza de espécies, nº de amostras e nº de indivíduos por espécies. Cada estudo foi considerado uma amostra, sendo o valor do número de indivíduos, provenientes da rarefação, determinado pelo trabalho com menor número de indivíduos amostrados, para tal análise foi adotado o programa EcoSim (GOTELLI e ENTSMINGER, 2001).

Tabela 1. Trabalhos realizados em caatinga utilizados para comparação da diversidade e seus respectivos dados de coordenadas geográficas, altitude e precipitação média anual.

Município	Coordenadas		Altitude (m)	Precipitação (mm/ano)	Referência
	Sul	Oeste			
Vegetação Caducifólia Espinhosa (VCE)					
Caruaru	8° 14'	35° 55'	530	694	Alcoforado-Filho et al. (2003)
Serra Negra do Norte	6° 39'	37° 23'	167	733,7	Santana e Souto (2006)
Apodi	5° 32'	37° 52'	130	500 - 700	Pessoa et al. (2008)
Santa Luzia	6° 48'	36° 57'	217	550	Fabricante e Andrade (2007)
São João do Cariri	7° 23'	36° 31'	458	381,4	Barbosa et al. (2008)

Boqueirão	7° 28'	36° 8'	355	611	Queiroz et al. (2006)
São João do Cariri	7° 24'	36° 32'	458	381,4	Andrade et al. (2005)
Floresta/Betânia	8° 18'	38° 11'	545	511	Rodal, Costa e Silva (2008)
Vegetação de transição VCE - FEA					
Areia/Remígio	6° 52'	35° 47'	596	700	Pereira et al. (2002)

Analisando a potencialidade de diversidade da área estudada, foi estabelecido os estimadores não-paramétricos de riqueza de espécies, Chao 1 e Jackknife 1, que foram calculados pelo o software EstimateS 8.0 (COWELL, 2005). O estimador Chao 1 é baseado no número de espécies que aparecem uma (*singletons*) ou duas (*doubletons*) vezes na amostra e é dado por:

$$S_{Chao1} = S_{obs} + (a^2/2b)$$

Onde:

S_{obs} – N° de espécies observadas;

a – N° de espécies com somente um indivíduo presente na amostra (*singletons*);

b – N° de espécies com dois indivíduos presente na amostra (*doubletons*).

O estimador Jackknife de primeira ordem é baseado na abundância das espécies, quantificando a riqueza máxima através da raridade, considera, portanto, a relação entre as espécies que apresentaram 1 indivíduo por amostra e o esforço amostral total (COLWELL e CODDINGTON, 1994), sendo dado por:

$$\hat{S} = s + (n-1/n)^k$$

Onde:

\hat{S} – Estimador de riqueza;

s – N° total de espécies;

N – N° de unidades amostrais (UA);

k – N° de espécies encontradas em uma só UA.

2.2.4 Determinação de biomassa aérea

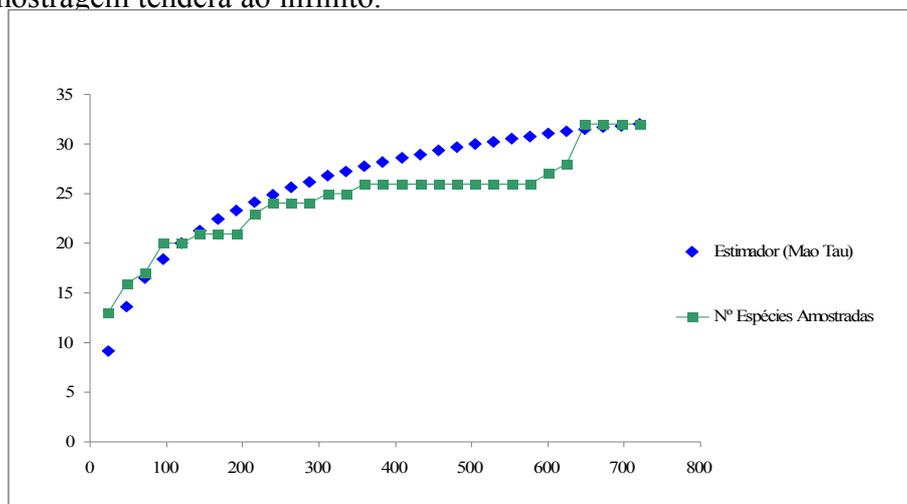
A biomassa aérea foi estimada, por se tratar de uma serra e ser considerada pela o código florestal (Lei 4.771/65 Art. 2º) área de preservação permanente, torna-se indisponível a mensuração direta. Foi aplicada para cada indivíduo amostrado a equação alométrica para plantas da caatinga proposta por Silva e Sampaio (2008). A equação é baseada na variável independente de diâmetro ao nível do peito (DAP) (Biomassa Kg = 0.2627. DAP^{1.9010}), podendo ser substituído por diâmetro ao nível do solo (DNS) por apresenta elevada correlação. As espécies foram distribuídas em classes de altura com intervalos de 3 m e para

cada indivíduo aplicada a estimativa de área de copa formulada por Sampaio e Silva (2005), $Copa (m^2) = 0.1939 \times \text{diâmetro (cm)}^{1.6311}$.

Resultados e Discussão

Suficiência Amostral

A curva de acúmulo de espécies seguiu um padrão similar a curva feita pela média de riqueza de espécies do estimador Mao Tau (Fig.3). O número de táxons apresentou forte tendência crescente de acordo com o aumento da amostragem, no entanto, em torno de 400-600 indivíduos houve uma estabilidade formando um pequeno plateau. O surgimento de novas espécies no final da curva, geralmente é representado por espécies raras e/ou de distribuição restrita a certos habitats. Sobre esse aspecto, Condit et al. (1996) afirmam que a composição florística de vegetações tropicais, com preponderância de espécies raras, não existe estabilidade na curva de espécies a medida que se aumenta a amostragem, e nesse caso, deve-se fixar o tamanho da amostra baseando-se no custo ou na precisão, ou então a amostragem tenderá ao infinito.



Nº de indivíduos

Figura 3: Curvas de acumulação de espécies média pelo o estimador Mao Tau e da amostragem realizada na Serra da Arara.

Diversidade florística

Foram amostrados 720 indivíduos, pertencentes a 11 famílias, descritos em 32 espécies, sendo apenas duas espécies indeterminadas (Tab. 2). As famílias com maior número de espécies foram Fabaceae, com 9 espécies, Euphobiaceae e Cactaceae com 6 e 3,

respectivamente. Estas espécies e famílias já foram descritas anteriormente em outras localidades do mesmo município (ANDRADE et al., 2005), na microrregião do Cariri Oriental (LACERDA et al., 2006) e em outras áreas do estado da Paraíba (PEREIRA et al., 2001, 2002).

Tabela 2. Táxons do componente arbustivo-arbóreo inventariados na Serra da Arara em São João do Cariri, Pb, Brasil.

Nº de Registro	Família	Espécie	Nome Vulgar
FNMA, 101	Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Aroeira
FNMA, 102		<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	Baraúna
FNMA, 105	Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart.	Pereiro
FNMA, 108	Boraginaceae	<i>Cordia salzmanni</i> DC.	Maria Preta
FNMA, 109		<i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex Stuedel	Louro
FNMA, 110	Burseraceae	<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) Gillet.	Umburana
FNMA, 112	Cactaceae	<i>Opuntia palmadora</i> (Britton & Rose)	Palmatória
FNMA, 114		<i>Pilosocereus pachycladus</i> F.Ritter	Facheiro
FNMA, 115		<i>P. gounellei</i> (F.A.C. Weber) Byles & G.D.Rowley	Xique-xique
FNMA, 116	Capparaceae	<i>Capparis flexuosa</i> L.	Feijão-bravo
FNMA, 117		<i>C. jacobinae</i> Moric. ex Eichl.	Icó
FNMA, 118	Celastraceae	<i>Maytenus rigida</i> Mart.	Bom nome
FNMA, 128	Euphorbiaceae	<i>Manihot glaziovii</i> Muell. (Arg.)	Maniçoba
FNMA, 124		<i>Croton sp.</i>	Quebra-Faca
FNMA, 122		<i>Croton jacobinensis</i> Baill.	Marmeleiro Branco
FNMA, 121		<i>C. blanchetianus</i> Baill.	Marmeleiro
FNMA, 129		<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	Burra Leiteira
FNMA, 127		<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	Pinhão
FNMA, 134	Fabaceae	<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	Mororó
		<i>Mimosa ophthalmocentra</i> (Mart. Ex. Benth)	Jurema de Imbira
		<i>Lutzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	Pau de Serrote
FNMA, 133		<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico
FNMA, 143		<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	Jurema Branca
FNMA, 137		<i>Erythrina velutina</i> Willd.	Mulungú
FNMA, 136		<i>Caesalpinia pyramidales</i> Tul. <i>C. laxiflora</i> Tul.	Catingueira Canela de veado
FNMA, 142		<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Jurema Preta
FNMA, 147	Malvaceae	<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil., Juss & Cambess.) A.	Imbiratanha

		Robyns	
FNMA, 146		<i>Ceiba glaziovii</i> (Kuntze) K. Schum.	Barriguda
FNMA, 153	Sapindaceae	<i>Allophylus sp.</i>	Estralador
	Indeterminada 1	Indeterminada 1	-
	Indeterminada 2	Indeterminada 2	-

A riqueza de espécies registrada foi superior a encontrada em regiões consideradas pobres em espécies, a exemplo no “Seridó” Norte rio-grandense onde foram inventariados 15 táxons (AMORIM et al., 2005), já no agreste Pernambucano, região de maior disponibilidade hídrica, em vegetação caducifólia espinhosa, Alcoforado-Filho et al. (2003) encontraram um maior número de espécies, tanto no estrato arbustivo quanto arbóreo. Na microrregião em estudo, a riqueza de espécies inventariada foi inferior apenas ao estudo realizado na RPPN da fazenda Almas (BARBOSA et al., 2007), que resultou em um total de 67 espécies. Em comparativo com outros estudos realizados no mesmo município, a área serrana aqui estudada apresentou maior riqueza arbustiva-arbórea, uma vez que Andrade et al. (2005) registraram 16 espécies em áreas sobre diferentes históricos de uso e Barbosa et al. (2007) haviam registrado 26 espécies na estação experimental.

Ainda sobre o aspecto riqueza de espécies, após a rarefação comparativa com outros estudos a vegetação da Serra da Arara apresentou-se mais rica do que em localidades como no “Seridó” paraibano (FABRICANTE e ANDRADE, 2007) e no potiguar (SANTANA e SOUTO, 2006 e PESSOA et al., 2008) (Tab. 3). A análise comparativo com regiões planas no mesmo município, revelou que a riqueza de espécies também foi maior (ANDRADE et al., 2005 e BARBOSA et al., 2007), no entanto, quando comparou-se com uma área serrana na mesma mesorregião o valor de riqueza foi similar (QUEIROZ et al., 2006). Os dados da rarefação, realizado pelo EcoSim, possibilitam inferir que em regiões com vegetação de transição, o esforço amostral deve ser maior já que a heterogeneidade desses ambientes afeta diretamente na distribuição das espécies. Justificando, que ao ser feita a rarefação para amostras com 301 indivíduos, na área de transição (PEREIRA et al., 2002), apresentou acentuada queda no número de táxons.

Tabela 3. Número de indivíduos, total de táxons, rarefação do número de indivíduos e de riqueza de espécies em diferentes mesorregiões do nordeste brasileiro.

Nº de indivíduos amostrados	Total de táxons	Rarefação do nº de indivíduos	Rarefação da riqueza de espécies*	Localidade (Mesorregião)	Referência
2.248	22	301	16 – 20	Seridó 1	Santana e Souto (2006)

374	11	301	9 – 11	Seridó 2	Pessoa et al. (2008)
1.252	15	301	11 – 15	Seridó 3	Fabricante e Andrade (2007)
304	12	301	11	Cariri 1	Barbosa et al. (2007)
508	28	301	21 – 26	Cariri 2	Queiroz et al. (2006)
923	16	301	7 – 13	Cariri 3	Andrade et al. (2005)
1.952	54	301	29 – 37	Agreste 1	Pereira et al. (2002)
875	55	301	20 – 28	Agreste 2	Alcoforado et al. (2003)
3.140	28	301	12 – 18	São Francisco/ Sertão	Rodal, Costa e Silva (2008)
720	32	301	23 – 29	Cariri	Este estudo

*Riqueza de espécies: intervalos de confiança 95%.

Assim, torna-se nítido que os condicionantes ambientais em áreas serranas favorecem ao estabelecimento de uma maior riqueza de espécies, que é menor apenas quando se compara com áreas transicionais, outro fato que corrobora com esta assertiva, é que a antropização nessas áreas é menos efetiva devido à dificuldade natural de acesso aos recursos florestais.

A quantidade de espécies da área de estudo proporcionou índices de riqueza de táxon e diversidade consideráveis para caatinga hiperxerófila 4,86 esp.1n.ind.⁻¹ e 2,71 nats.ind.⁻¹, respectivamente. O valor de riqueza em relação à vegetação seridoense (1,86) encontrado por Amorim et al. (2005) e (2,72) por Santana e Souto (2006), é consideravelmente mais alto. A área de serra apresentou índice de riqueza de espécies elevado se comparado com zona plana no mesmo município, onde se registrou 1,87 (BARBOSA et al., 2007).

O índice de diversidade encontrado ao ser comparado com fisionomia arbustiva aberta apresentou-se mais elevado (ANDRADE et al., 2005), no entanto, foi menor do que em zona de agreste e brejo que abrigam formações vegetais de transição e floresta estacional de altitude (FEA) (PEREIRA et al., 2002; ANDRADE et al., 2005) (Tab. 4). O estudo desenvolvido por Queiroz e colaboradores em 2006, apresentou diversidade semelhante, o que se explica por haver sido também desenvolvido em ambiente serrano.

A equabilidade expressa à proporcionalidade das espécies no ambiente, considerando o caso, de que todas as espécies tenham a mesma representatividade ou importância (PEET, 1974), o valor do seu índice será máximo. O índice neste estudo estabelecido foi de 0,78, os

fatores que contribuíram de forma decisiva para a composição desse valor foram: (1) a comunidade apresentou forte tendência a uma distribuição análoga entre as espécies; (2) O número de espécies com alto grau de dominância foram poucas, tendo as demais espécies distribuição simétrica.

Tabela 4. Diversidade registrada em diversos levantamentos realizados em fisionomias distintas no semi-árido.

Localidade	Diversidade (nats/ind⁻¹)	Fisionomia	Referência
Serra Negra do Norte-RN	1,939	Arbustiva aberta	Amorim et al. 2005
São João do Cariri-PB	1,51-1,43	Arbustiva aberta	Andrade et al. 2005
Boqueirão-PB	2,64	Arbustiva aberta	Queiroz et al. 2006
Areia-PB	2,99	Transição FEA/VCE	Pereira et al. 2002
Areia-PB	3,04-2,96-2,99	FEA	Andrade et al. 2005

Os valores registrados pelos estimadores de riqueza não-paramétricos, Chao 1 e Jackknife 1, foram de 33 e 36,83 (Tab.5), respectivamente. Os estimadores apresentaram valor similar entre si e entre o número de espécies observadas, sugerindo que a amostragem foi suficiente para demonstrar a riqueza da área em estudo (Fig.4). Os estimadores podem ser considerados bons parâmetros para avaliar a potencialidade e tamanho do esforço amostral.

Tabela 5. Número de indivíduos amostrados (N), número de espécies observadas (S_{OBS}), estimadores não-paramétricos *Chao 1* em intervalos de confiança de 95% e *Jackknife 1*.

Unidades amostrais	N	S_{OBS}	<i>Chao 1</i>	<i>Chao 1*</i>	<i>Jackknife 1</i>
30	720	32	33	32,11 – 40,97	36,83

* Intervalo de confiança de 95%.

Figura 4: Comparativo entre os estimadores não-paramétricos e média das espécies observadas nesse estudo.

Estrutura e biomassa

A comunidade vegetal estudada é formada por caatinga arbustivo-árborea, apresentando a sinúsia arbustiva variando de aberta a densa e a arbórea descontínua de acordo com o gradiente de altitude. A densidade registrada foi de 2.395 indivíduos por hectare, utilizando-se todos os indivíduos de $DNS \geq 3$ cm e altura mínima de 1 m. Esse valor foi similar ao registrado por Barbosa et al. (2007) (2.814,8) em estação experimental no mesmo município e por Andrade et al. (2005) (2.358) em área mais conservada, no entanto, superior ao de uma caatinga degradada (1.471) registrado no mesmo estudo. Em caatinga arbustivo-árborea no estado de Pernambuco, depressão sertaneja, foram encontradas densidades semelhantes (1.876, 2.172, 1.076 e 1.872 ind./ha) (RODAL et al., 2008). Comparando-o com vegetação de agreste, o valor foi relativamente baixo, onde Pereira et al. (2001, 2002) encontraram (3.250, 6.750, 5.500 e 5.100 indivíduos ha^{-1}). Em relação a caatinga seridoense, o adensamento da comunidade ocorre de forma semelhante, pois Amorim et al. (2005) registraram uma densidade de 2.258 e Fabricante e Andrade (2007) de 2.822,5 ind/ha.

Houve elevado número de espécies nas classes mais baixas de diâmetro e altura, sugerindo uma preponderância de espécies arbustivas. A altura e diâmetro médio foram de 3,52 m e 8,67 cm, considerados baixos se comparados com demais áreas de caatinga (SAMPAIO, 1996). A altura máxima foi de 12 m e o maior diâmetro de 46 cm. A maior parte dos indivíduos amostrados concentrou-se nas menores classes de altura e diâmetro (Fig. 4). Essa alta concentração ocorre comumente em formações que apresentam elevada dominância de espécies de habito arbustivo, condição anteriormente já descrita para vegetação caducifolia espinhosa (RODAL, 1992; ARAÚJO et al., 1995).

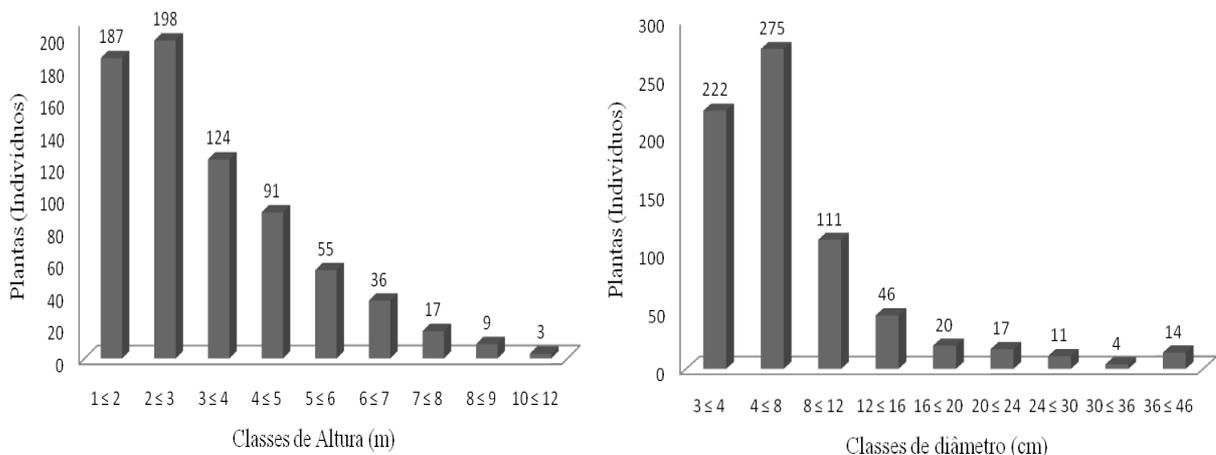


Figura 5: Distribuição das espécies amostradas na Serra da Arara em classes de diâmetro e altura.

A área basal total (ABT) registrada foi de 6,69 m²/ha, considerada muito baixa se comparada com a faixa (15,6 a 52,4m²/ha) referida para vegetação caducifólia espinhosa (VCE) (SAMPAIO, 1996). Em vegetação Seridoense foi registrado valor similar por Amorim et al. (2003) (6,1 m²/ha). As espécies de sinúsia arbustiva influenciaram no baixo valor de área basal, já que representaram 56,3% de toda amostragem da composição florística. As espécies de maior área basal foram: *C. pyramidales* (0,79 m²/ha), *C. jacobinenses* (0,61) e *P. pachycladus* (0,60). A espécie *C. pyramidales* também foi descrita por Barbosa et al. (2007) como de maior area basal (7,12 m²/ha).

A área da copa e biomassa estimada para cada classe de altura apresentou valores que variaram de 1,16 a 102,42 m² e 2,12 a 391,5 Kg, respectivamente. Os altos valores de área de copa nas classes de 1-3 e de 3-6 m (Tab. 6) indicam uma predominância de espécies arbustivas e arbóreas jovens, ratificando que a comunidade apresenta fisionomia do tipo arbustiva-arbórea. A biomassa também foi maior nessas classes, devido a duas situações, a primeira é que o elevado número de indivíduos nas classes de menor estatura contribuiu significativamente nesse valor, e a segunda é que se comparando a amostragem por classes, o baixo número de espécies arbóreas com alturas entre 9-12 m não apresentaram valor significativo para a biomassa da área.

Tabela 6. Distribuição de área de projeção da copa (m²) e Biomassa (Kg) em classes de altura com intervalos de 3 m (< a direita e ≥ a esquerda) em caatinga arbustiva-arbóreo na Serra da Arara.

Classes de altura (m)	Área de projeção da copa (m ²)	Biomassa (Kg)
1 – 3	1575,2	3810,4
3 – 6	2762,4	7774,4
6 – 9	1357,8	4131,3
9 – 12	177,3	634,9
Total	5.872,7	16.351,0

Em duas fisionomias de caatinga, Rodal et al. (2008) encontraram em comunidades arbustivo-arbóreas as maiores áreas de copa nas classes de 1-3 (790,8 – 486,5) de 3-6 (1762,2 – 1261,9), no entanto, em área de caatinga arbórea aberta, os maiores valores foram registrados na classe de 9-12 (1192,0) e 12-15 (1920,2). Em comparativo com caatinga arbustiva aberta, Amorim et al. (2005) descreveram uma área de projeção da copa total de 8.723 m²/ha⁻¹. Se tratando de biomassa, esse mesmo estudo encontrou uma biomassa total de 25.070,0 Kg/ha⁻¹. Apesar da relativa similaridade fisionômica, a biomassa por hectare foi de 54,38 Kg, demonstrando que a comunidade estabelecida em ambiente serrano apresenta maior

grau de desenvolvimento ao ser comparada com outros estudos (Tab.6) e, portanto, detêm indivíduos arbóreos de maior porte. Silva e Sampaio (2008) encontraram variações na biomassa de espécies de pequeno a grande porte entre 4 a 454 kg, ratificando que as variações registradas na biomassa das espécies ocorrem comumente na caatinga.

Considerações finais

Considerando relatos anteriores sobre a diversidade e estrutura da vegetação dos Cariris Velhos, a riqueza de espécies e a diversidade registrada na Serra da Arara foram consideradas altas para fisionomias de caatinga, provavelmente este fato sofreu influência por se tratar de uma vegetação abrigada em área de serra, podendo ser consideradas como zonas tampão. No aspecto estrutural, a comunidade apresentou fisionomia arbustiva aberta com baixo porte, assemelhando-se com a vegetação do “Seridó” e, variando apenas na maior incidência de espécies de sinúcia arbórea de maior porte. Constata-se, que a caatinga da área em estudo situada na região dos Cariris Velhos é de baixo porte, porém, apresenta uma elevada diversidade.

Referências

- AB’SÁBER, A. N.. Dossiê Nordeste seco. **Estudos avançados**, v. 13, n.36, p. 5-59.1999.
- AESA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (Relatório Final)**. João Pessoa: Governo da Paraíba, 2006.
- AGRA, F. M.; BARBOSA, M. R. V. e STEVENS, W. D.. Levantamento florístico preliminar do Pico do Jabre, Paraíba, Brasil. In: PORTO, K. C.; CABRAL, J. J. P. e TABARELLI, M. (Orgs.). **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2004. p.123-138.
- ALCOFORADO FILHO, F.G.; SAMPAIO, E.V.S.B. e RODAL, M.J.N.. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia arbórea em Caruaru, Pernambuco. **Acta Botanica Brasílica**, v.17, n. 2, p. 287-303, maio/jun. 2003.
- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V.S.B.; ARAUJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 19, n. 3, p.615-623, jul./set. 2005.
- ANDRADE, L. A. ; OLIVEIRA, F. X. de ; NASCIMENTO, I. S. do ; SAMPAIO, E.S.V B ; BARBOSA, M. R. V.. Análise florística e estrutural de matas ciliares ocorrentes na Reserva

Ecológica Estadual Mata do Pau-Ferro - Areia, Paraíba. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 1, n. Prelo, p. 31-40, 2005.

ANDRADE, L. A.; PEREIRA, I. M.; LEITE, U. T.; BARBOSA, M. R. V. Análise da Cobertura de duas Fitofisionomias de Caatinga com Diferentes Históricos de Uso, no Município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **Cerne, Lavras**, v. 11, n. 3, p. 253-262, jul./set. 2005.

ANDRADE-LIMA, D. de. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, p. 149-153, 1981.

ANDRADE-LIMA, D. de. Traços gerais do agreste de Pernambuco. Pp. 85-88. In: **Anais do 23º Congresso Brasileiro de Botânica**. Sociedade Brasileira de Botânica. Recife. 1973.

ARAÚJO, E.L.; SAMPAIO, E.V.S.B. e RODAL, M.J.N. Composição florística e fitossociológica de três áreas de Caatinga de Pernambuco. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, n. 4, p. 595-607, 1995.

BARBOSA, M. R. V.; LIMA, I. B.; LIMA, J. R.; CUNHA, J. P.; AGRA, M. F. e THOMAS, W. W.. Vegetação e flora no Cariri paraibano. **Oecol. Bras.**, v. 11, n. 3, p. 313-322, jul./set. 2007.

CIENTEC. Mata Nativa: **Sistema para análise fitossociológica e elaboração de planos de manejo de florestas nativas**. São Paulo: CIENTEC, 2002. 126 p.

COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A.. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical transactions of the royal society of London**. London, V. B345, p 101-118, 1994.

COLWELL, R.K.. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.0, 2005. Disponível em: <viceroj.eeb.uconn.edu/estimates> Atualizado em 26 jul. 2009..

CONDIT, R.; HUBBEL, S.P.; LAFRANKIE, J.V.; SUKUMAR, R.; MANOKARAN, N.; FOSTER, R.B.; ASHTON, P.S. Species-area and species-individual relationships for tropical trees: a comparison of three 50-ha plots. **Journal of Ecology**, London, v. 84, p. 549-562, 1996.

COSTA, T.C.C.; ACCIOLY, L.J.O.; OLIVEIRA, M.A.J.; BURGOS, N. e SILVA, F.H.B.B.. Phytomass mapping of the “Seridó caatinga” vegetation by the plant area and the normalized difference vegetation indices. **Scientia Agricola**, v. 59 p. 707-715, 2002.

COTTAM, G. e CURTIS, J.T. The use of distance measures in phytosociological sampling. **Ecology**, v. 37, p.451-460, 1956.

EMEP. **Redes de Referências: Alternativa para Sustentabilidade da Agricultura Familiar (BORBOREMA)**. João Pessoa: Governo da Paraíba, 2008.

FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira**. 2. ed. Fortaleza: Multigraf, 2000. 341 p.

FERRAZ, E.M.N.; RODAL, M.J.N.; SAMPAIO, E.V.S.B. e PEREIRA, R. de C.A..
Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajeú, Pernambuco. **Revista Brasileira de Botânica**. V. 21, n.1, p. 7-15, 1998.

GOMES, A. P. de S.; RODAL, M. J. N.; MELO, A. L. de. Florística e fitogeografia da vegetação arbustiva subcaducifólia da Chapada de São José, Buíque, PE, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**. São Paulo, v. 20, n. 1, p. 37-48, 2006.

GOMES, M.A.F. **Padrões de Caatinga nos Cariris Velhos, Paraíba**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 1979. 88 p.

GOTELLI, N. J.; ENTSMINGER, G. L. EcoSim: null models software for ecology. Version 7.0, 2001. Disponível em: <http://homepages.togheter.net/~gentsmin/ecosim.htm>> Atualizado em 26 jul. 2009.

KAUFFMAN J.B.; SANFORD, R.L.; CUMMINGS, D.L.; SALCEDO,I.H. e SAMPAIO, E.V.S.B.. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests. **Ecology** v.74, p.140-151, 1993.

LACERDA, A. V. de; BARBOSA, F. M. e BARBOSA, M. R. de V.. Estudo do componente arbustivo-arbóreo de matas ciliares na bacia do rio Taperoá, semi-árido paraibano: Uma perspectiva para a sustentabilidade dos recursos naturais. **Oecol. Bras.**, v. 11, n. 3, p. 331-340, jul./set. 2007.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. New Jersey: Princeton University, 1988.

PARAÍBA. **Diagnóstico do setor florestal do Estado da Paraíba**. João Pessoa: Projeto PNUD/FAO/IBAMA/UFPB/Gov. da Paraíba, 1994.

PEET, R.K. **The measurement of species diversity**. Ann. Rev. Ecol. Syst. no. 5. 1974. 285-307 p.

PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L. A. de; BARBOSA, M. R. de V. e SAMPAIO, E. V. de S. B.. Composição florística e análise fitossociológica do componente arbustivo-arbóreo de um remanescente florestal no agreste paraibano. **Acta botânica brasileira**, v. 16, n. 3, p. 357-369. 2002.

PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L. A.; COSTA, J. R. M.; DIAS, J. M. Regeneração natural em um remanescente de Caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste paraibano. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v.15, n.3, p.413-426, set./dez. 2001.

PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Editora Universitária da UFPE, Recife. 2003. 804p.

QUEIROZ, J. A.; TROVÃO, D. M. B. M.; OLIVEIRA, A. B.; OLIVEIRA, E. C. S. Análise da Estrutura Fitossociológica da Serra do Monte, Boqueirão, Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 1, jun./dez, 2006.

- RODAL, M. J. N.; ANDRADE, K. V. de A.; SALES, M. F. e GOMES, A. P. S.. Fitossociologia do componente lenhoso de um refúgio vegetacional no município de buíque, Pernambuco. **Rev. Brasileira de Biologia**, v. 58, n. 3, p. 517-526. 1998.
- RODAL, M. J. N.; LUCENA, M. de F. A.; ANDRADE, K. V. S. A. e MELO, A. L. de. Mata do Toró: uma floresta estacional semidecidual de terras baixas no nordeste do Brasil. **Hoehnea** V. 32, n 2, p. 283-294, 2005.
- RODAL, M. J. N.; MARTINS, F. R. e SAMPAIO, E. V. de S. B.. Levantamento quantitativo das plantas lenhosas em trechos de vegetação de caatinga em Pernambuco. **Caatinga**, v.21, n.3, p.192-205, jul./set. 2008.
- RODAL, M. J. N.; NASCIMENTO, L. M. do. Levantamento florístico da floresta serrana da reserva biológica de Serra Negra, microrregião de Itaparica, Pernambuco, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 481-500, out./dez. 2002.
- RODAL, M.J.N. **Fitossociologia da vegetação arbustiva-arbórea em quatro áreas de Caatinga em Pernambuco**. Campinas. Universidade de Campinas. Tese de Doutorado. 1992.
- RODAL, M.J.N.; SAMPAIO, E.V.S.B; FIGUEIREDO, M.A. Manual sobre métodos de estudo e fitossociológico- ecossistema Caatinga. Sociedade Botânica do Brasil, 1992. 24 p.
- RODAL, M.J.N.; COSTA, K.C.C. e SILVA, A.C.B.L.. Estrutura da Vegetação Caducifólia Espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. **Hoehnea**, vol. 35, no. 2, p. 209-217, 2008.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; SILVA, G. C. Biomass equations for Brazilian semiarid caatinga plants. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 937-945, out./dez. 2005.
- SAMPAIO, E.V.S.B.. Fitossociologia.. In: E.V.S.B. SAMPAIO; S.J. MAYO e M.R.V. BARBOSA (eds.). **Pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectivas**. Recife, Sociedade Botânica do Brasil. 1996. p. 203-224.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; SAMPAIO, Y.; VITAL, T.; ARAÚJO, M.S.B. e SAMPAIO, G.R.. **Desertificação no Brasil**. Recife, Ed. Universitária UFPE. 2003.
- SANTANA, J. A. da S. e SOUTO, J. S.. Diversidade e estrutura fitossociológica da caatinga na estação ecológica do Seridó – RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 1, jun./dez, 2006.
- SILVA, G. C. e SAMPAIO, E. V. de S. B.. Biomassas de partes aéreas em plantas da caatinga. **Rev. Árvore**, v.32, n.3, p.567-575, 2008.
- SILVA, J. M. C. da, TABARELLI, M., FONSECA, M. T. da e LINS, L. V.. **Biodiversidade da caatinga: Ações prioritárias para a conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2004.
- WHITTAKER, R. H. **Communities and ecosystems**. New York, MacMillan, 1975.

CAPÍTULO 2

Estocagem de carbono em comunidade arbóreo-arbustiva no semi-árido nordestino

Carbon storage in tree-shrub community in northeastern semi-arid

RESUMO

Foram estabelecidas equações alométricas para determinar a estocagem de carbono em oito espécies de elevada abundância e importância na caatinga, em função das variáveis altura total (HT), diâmetro ao nível do solo (DNS) e a combinação de ambas. Para o ajustamento do modelo foram seccionados 33 indivíduos, com diâmetros médios entre 3,9 e 6,7 cm e altura total média de 2,1 a 4,4 m. A variável altura total (HT) quando avaliada isoladamente demonstrou baixos valores para o coeficiente de determinação R^2 , não sendo recomendada para estimar o estoque de carbono (EC). O DNS apresentou melhor correlação com o EC, porém, os valores obtidos para o coeficiente de determinação foram insuficientes, sendo possível explicar apenas 40% das variações. A combinação do DNS com a HT resultou em melhoria no valor do coeficiente. Os modelos que melhor se adequaram foram a função do tipo potência ($EC = a \text{ DNS}^b$) e a regressão linear simples e múltipla ($EC = a + bX$), no entanto, a baixa amostragem não permitiu formular uma equação, de maior precisão, que possibilitasse estimar o potencial de estoque de carbono em plantas da caatinga.

Palavras-Chave: Equação alométrica, estoque de carbono, ecologia vegetal.

ABSTRACT

Allometric equations were established to determine the carbon storage in eight species of high abundance and importance in the scrub, depending on the variables total height (HT), diameter at ground level (DNS) and the combination of both. For the adjustment of the model were sectioned 33 individuals, with average diameters between 3.9 and 6.7 cm and mean total height from 2.1 to 4.4 m. The variable total height (HT) when evaluated alone showed low values for the coefficient of determination R^2 is not recommended for estimating the carbon stock (CS). DNS showed the best correlation with the CS, however, the values obtained for the coefficient of determination were insufficient and can explain only 40% of variations. The combination of the DNS with HT resulted in improvement in the value of the coefficient. The models that were best suited to the type potency ($CS = a \text{ DNS}^b$) and linear regression and multiple ($CS = a + bX$), however, the small sample did not arrive at an equation for greater accuracy, which allow us to estimate the potential carbon storage in plants of the caatinga.

Key Words: Allometric equations, carbon storage, plant ecology.

Introdução

A vegetação que recobre a região semi-árida do nordeste brasileiro é predominantemente a caatinga, correspondendo a uma área em torno de 800.000 Km² (PRADO, 2003). Com base na interação vegetação e solo, o domínio da caatinga se encontra dividido em 4 zonas: vegetação hiperxerófila (34,3%); vegetação hipoxerófila (43,2%); ilhas úmidas (9,0%); e, agreste e área de transição (13,4) (SILVA et al. 2004). As zonas de vegetação hiperxerófila e hipoxerófila são efetivamente as mais complexas para o estabelecimento de uma classificação confiável baseada na composição e estrutura. Apesar disso, alguns autores consideram que essas zonas, podem ser classificadas, apesar de insatisfatória para agrupar as diversas tipologias (Andrade-Lima, 1981), em caatinga arbórea e arbustiva (FERNANDES, 2000).

As alterações nos diversos ecossistemas da caatinga possuem registro deste o período colonial (ANDRADE et al. 2005). Apesar de ser considerada uma importante região de diversidade da América latina (SAMPAIO, 1996), o conhecimento a respeito da diversidade tem sido sub-amostrados (TABARELLI et al. 2000), e o mais agravante é que algumas estimativas apontam para um grau de alteração variando entre 30 a 45 % (CASTELLETTI et al. 2000 e SILVA et al. 2004).

As atividades econômicas de maior desenvolvimento sobre as áreas florestais no nordeste brasileiro são a pecuária e caprino-ovinocultura extensiva e a extração de lenha e madeira para atender as necessidades industriais e familiares (ARAÚJO FILHO, 2002). A lenha e o carvão vegetal são responsáveis, em média, por 30% da matriz energética dos estados que compõem a região Nordeste. A biomassa florestal responde por 35% da energia utilizada pelas indústrias nos estados da região (CAMPELLO et al. 1999). A vegetação lenhosa corresponde a mais de 50% do total de energia consumida nos domicílios da Paraíba, principalmente os rurais, os de pequenas cidades e os das periferias das grandes cidades, utilizado em sua maior parte para o cozimento de alimentos (SUDEMA, 2004).

Alguns trabalhos estabeleceram o estoque lenhoso (volume e biomassa) em plantas da caatinga de forma indireta (ISAIA et al. 1988, COSTA et al. 2002, RIBEIRO, 2006), por mensuração direta (KAUFFMAN et al. 1993), em uma única espécie (TERTULIANO et al. 2003) ou através de estimativas (AMORIM et al. 2005). No entanto, recentemente foram estabelecidas equações para estimar a biomassa em plantas da caatinga (SAMPAIO e SILVA, 2005 e SILVA e SAMPAIO, 2008). A importância de métodos que estimem a massa total de uma área é que elimina o uso de técnicas destrutivas para obtenção de biomassa seca. Considerando que a formação da caatinga é constituída predominantemente por espécies dos

estratos arbustivo e arbóreos, Sampaio e Silva (2005) estabeleceram grupos formados por espécies de baixo porte (3 espécies), espécies de porte maior (6 espécies) e cactáceas.

Com o objetivo de ampliar o conhecimento fitoecológico da vegetação da caatinga *strictu sensu* e especialmente em ambiente de serras, foram testados modelos matemáticos, em função das medidas de diâmetro ao nível do solo (DNS) e altura total (HT), para obtenção da equação de estimativa do estoque de carbono (EC) em plantas da caatinga, para tanto, foram selecionadas oito espécies arbóreas e arbustivas, *Croton blanchetianus* Muell., *Croton jacobinensis* Baill., *Manihot glaziovii* Muell. (Arg.), *Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud., *Caesalpinia pyramidales* Tul., *Commiphora leptophloeos* (Mart.) Gillet., *Myracrodruon urundeuva* Allemão e *Aspidosperma pyriforme* Mart. por apresentam elevada abundância e importância ecológica em fisionomias de caatinga.

Material e Métodos

Área de estudo – A Serra da Arara (7° 23' 16,6" S e 36° 23' 29" W) está localizada no município de São João do Cariri, Paraíba, que se encontra a cerca de 216 Km da capital João Pessoa, ocupando uma área de 701.856 Km² situado na microrregião do Cariri Oriental. A altitude no sopé da Serra é de 452 m, com elevação máxima de 649 m. O clima é do tipo BSh semi árido quente, com período chuvoso entre os meses de Janeiro a Abril, a precipitação média é de 500 mm e a temperatura anual variando entre 25° e 27° (NASCIMENTO e ALVES, 2008). A topografia é constituída por geomorfologia embasada no cristalino, com formações de serras e afloramentos rochosos (*inselbergues*) (AESA, 2006). Os solos que constituem a região nas superfícies suavemente onduladas a onduladas são os planossolos e podzólicos, e em áreas de elevações, predominância de litólicos com presença de planossolos (BRASIL, 2005).

Coleta e tratamento dos dados – A caracterização da vegetação foi feita através de levantamento fitossociológico pelo o método ponto-quadrante. Os dados populacionais das espécies descritas foram utilizados para estabelecer o número de indivíduos a serem amostrados para determinação da biomassa e proporção de carbono na matéria seca. Para amostragem direta da biomassa foi adotado o método destrutivo (WHITTAKER et al. 1974). A composição florística da Serra da Arara foi amostrada por 720 indivíduos, identificados em 32 espécies. Destas, 8 (oito) espécies foram selecionadas para a secção, *Croton blanchetianus* Muell., *Croton jacobinensis* Baill., *Manihot glaziovii* Muell. (Arg.), *Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud., *Caesalpinia pyramidales* Tul., *Commiphora leptophloeos* (Mart.) Gillet.,

Myracrodruon urundeuva Allemão e *Aspidosperma pyrifolium* Mart. por apresentar os maiores valores de importância decorrentes da elevada abundância e distribuição por toda a caatinga *strictu sensu* (SAMPAIO, 1996), e em especial na área de estudo, contribuíram significativamente na área basal total.

O período selecionado para a secção das plantas foi na estação chuvosa da região Março/Junho), a escolha ocorreu devido ser este o período de maior acúmulo de biomassa e do fato de todas as plantas se apresentarem enfolhadas. No total foram cortadas 33 plantas, todas dentro da faixa usual para amostragem de plantas lenhosas da caatinga em estágio de desenvolvimento adulto, diâmetro ao nível do solo (DNS) ≥ 3 cm e altura superior a 1 m (RODAL et al. 1992). A escolha dos indivíduos foi de forma aleatória, apenas admitindo-se aqueles com dimensões de acordo com a altura e o diâmetro médio da vegetação caracterizada. Em cada indivíduo selecionado foi medido o (DNS) e altura total (HT) com utilização de paquímetros e vara graduada. Para a medição da área de projeção da copa (APC), foi utilizada suta dendrométrica para medição dos eixos que perfazem a copa, sendo a área calculada após constatação que todas as copas apresentaram forma elíptica (AMORIM et al. 2005). De forma adicional, foi calculado para cada indivíduo o seu volume cilíndrico, através da fórmula proposta por Vogel et al. (2005), $V = AB \times HT$, onde: V = volume cilíndrico; AB = área basal do indivíduo e HT = a altura total, sendo o resultado expresso $\text{cm}^3 \text{ planta}^{-1}$.

As plantas foram tombadas, caule, galhos e folhas foram subdivididos em amostras menores, e transportados em sacos de polipropileno com capacidade de 50 Kg. Todo material botânico foi exposto à radiação solar com intuito de realizar uma pré secagem das amostras, em seguida, foram encaminhados para estufa de secagem e esterilização de ar circular CETEC – MOD 320SE a temperatura de $70^{\circ} \pm 5^{\circ}$, onde permaneceram por intervalos de 48h (indivíduos menores) a 72h (indivíduos de maior porte). Diariamente foi aferido o peso seco das plantas, sendo retiradas do processo de secagem quando apresentaram peso constante.

Para obtenção de alguns resultados, cada espécie foi considerada como tratamento (amostra) e cada indivíduo cortado, a repetição. A relação entre as medidas e a biomassa, para determinar o estoque de carbono (EC) por planta, foi testada utilizando-se vários modelos de combinação entre variáveis, regressão linear simples e composta, exponencial, geométrica, logarítima e função de potência, para tanto, adotou-se o programa estatístico Bioestat 5.0 (AYRES et al. 2000). Após a aplicação, a seleção do melhor modelo foi baseada nos critérios propostos por Drapper e Smith (1981) incluindo-se:

α) Exame do quadro de análise de variância;

β) Análise da medida de precisão: coeficiente de determinação (R^2).

χ) Representação gráfica da dispersão dos dados.

A quantidade de carbono estocado foi obtida utilizando a proporção de carbono para madeiras, que para a maioria das espécies folhosas, é equivalente a 50%, da base seca (BROWNING, 1963).

Resultados e Discussão

As espécies selecionadas para amostragem do peso seco e consequentemente percentual de carbono, detiveram diâmetros médios que variaram de 3,9 a 6,7 cm e altura total média entre 2,1 e 4,4 metros (Tab.1). A estrutura da Serra da Arara foi predominantemente de sinúsia arbustiva aberta a densa, no entanto, registrou-se a incidência descontínua de espécies de hábito arbóreo. Os indivíduos utilizados para modelagem da estocagem de carbono foram selecionados pela a estrutura similar que fisionomicamente constituíam a base da serra, sendo assim, agregados em único grupo, devido a estrutura e não ao hábito ou porte. Diferentemente, Sampaio e Silva (2005), ao proporem a equação para estimativa de biomassa para plantas da caatinga, subdividiram os indivíduos de acordo com o porte e segregando das demais espécies, apenas a família Cactaceae.

Tabela 1. Espécies amostradas, número de indivíduos seccionados = NI, diâmetro ao nível do solo (DNS) e altura total (HT) média, área basal, volume total e área de projeção da copa (APC) das plantas utilizadas para modelagem do estoque de carbono.

Espécies	NI	DNS (cm)	Altura total (m)	Área Basal (cm ²)	Volume (cm ³ /planta ⁻¹)	Área de projeção da copa (cm ²)
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	5	5,4	2,6	118,51	1,077	0,5676
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	2	6,7	2,6	70,86	0,408	1,3282
<i>Caesalpinia pyramidales</i> Tul.	3	4,3	2,1	46,66	1,674	0,3213
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) Gillet.	2	4,8	2,5	38,66	1,476	0,1093
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	8	4,4	3,1	130,18	0,707	1,3439
<i>C. jacobinensis</i> Baill.	8	4,5	2,4	133,30	1,478	1,9141
<i>Manihot glaziovii</i> Muell. (Arg.)	3	3,9	4,4	36,91	1,292	0,2992
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	2	5,6	3,5	52,97	2,092	0,1913

Por serem consideradas plantas de ampla distribuição, elevada abundância e contribuírem de forma significativa na área basal em vegetação de caatinga (SAMPAIO, 1996) e em especial na área de estudo, as espécies que tiveram maior área basal foram *C. jacobinensis* (133,30), *C. blanchetianus* (130,18) e *A. pyriformium* (118,51) (Tab.1). O maior número de indivíduos amostrados foi o fator preponderante para a determinação desses valores, no entanto, no caso da espécie *B. cheilantha*, o DNS influenciou diretamente na composição desse parâmetro. Devido apresentar estruturas verticais e horizontais semelhantes, as plantas concentraram-se nas classes de diâmetro e altura de maior representatividade na caatinga. A saber, que se tratando de vegetação caducifolia espinhosa (VCE), as espécies lenhosas se apresentam em maior densidade nas classes de 3 a 6 cm de diâmetro e nas de $1 \leq 2$, $2,1 \leq 3$ e $3,1 \leq 4$ m de altura (AMORIM et al. 2005, RODAL et al. 2008a, RODAL et al. 2008b e SOUZA et al. dados não publicados).

Apesar da similaridade estrutural, as espécies de hábito arbóreo *M. urundeuva* e *C. pyramidales* obtiveram os maiores volumes 2,092 e 1,674 cm³ por planta, respectivamente. Não obstante, os táxons de sinúsia arbustiva, *B. cheilantha*, *C. blanchetianus* e *C. jacobinensis*, detiveram as maiores áreas de projeção de copa, fundamentalmente por apresentarem acentuado desenvolvimento de ramificações na porção caulinar (formação de fustes), o que contribuiu para constituição de múltiplas copas por indivíduos.

As espécies que apresentaram maior peso seco médio (Kg) foram *M. urundeuva* (3,337) e *B. cheilantha* (3,175) e a de menor *M. glaziovii* (0,875) (Tab.2). No entanto, o indivíduo de maior fitomassa aérea registrado foi da espécie *C. blanchetianus* com 7,375 Kg. Com relação ao peso seco, as plantas selecionadas para o estudo não apresentaram diferença significativa pelo teste F. O fator decisivo que influenciou nesse resultado, foi a estrutura (dimensões) similar dos indivíduos, mesmo se tratando de espécies diferentes, contribuindo para uniformidade da biomassa.

Tabela 2. Peso seco (Kg) de cada repetição e a média registrada por espécies.

(Espécies)	Peso seco (Kg) por repetição (Nº indivíduos)								Média
<i>A. pyriformium</i>	7,300	2,175	1,375	1,700	2,525	___	___	___	3,015
<i>B. cheilantha</i>	3,125	3,225	___	___	___	___	___	___	3,175
<i>C. pyramidales</i>	2,650	1,750	1,550	___	___	___	___	___	1,983
<i>C. leptophloeos</i>	1,075	1,000	___	___	___	___	___	___	1,037
<i>C. blanchetianus</i>	3,475	7,375	2,100	1,800	1,100	2,075	2,575	4,250	3,093
<i>C. jacobinensis</i>	2,925	2,725	3,475	1,275	1,325	1,850	4,100	2,450	2,515
<i>M. glaziovii</i>	0,875	2,325	2,450	___	___	___	___	___	1,883
<i>M. urundeuva</i>	2,150	4,525	___	___	___	___	___	___	3,337
Desvio padrão	1,594		Média geral					2,6258	

* médias não diferiram significativamente (teste de Tukey, $p = 0,05$)

A medida que quantifica a dispersão em caso de eventos de distribuição normal, o desvio padrão, foi de 1,549, esse resultado demonstra que a variabilidade da biomassa independentemente da espécie, foi em torno de 1,5 Kg, portanto, os resultados de biomassa para plantas com estrutura compreendida como “arbustiva” acompanharam uma distribuição normal e previsível. Na caatinga seridoense, Amorim et al. (2005) ao estimar a biomassa, registraram os maiores valores em plantas de menor porte, a citar *A. pyrifolium*, um fato que corrobora para esse maior acúmulo em espécies lenhosas pequenas é que a densidade da população é bastante elevada. Apesar de Silva e Sampaio (2008) relatarem que quanto maior for o diâmetro do indivíduo maior também será sua área de copa e biomassa. Ao analisar esses aspectos, compreende que as estimativas de fitomassa total realizadas em áreas de caatinga apontam que as populações de maior potencial serão determinadas de acordo com a densidade, sendo o porte, tamanho do indivíduo, de menor relevância.

Analisando a relação estabelecida entre estoque de carbono (EC) em função das variáveis independentes de diâmetro ao nível do solo (DNS), altura total (HT) ou a combinação das mesmas, os modelos testados resultaram em baixos coeficientes de determinação (R^2) (Tab.3). Calculado para cada modelo, o coeficiente de determinação é a medida que expressa a proporção de variabilidade de uma variável em função da variabilidade de outra, ou seja, explica o grau de correlação entre a variável dependente em função da independente.

A variável isolada de medida que melhor estimou o estoque de carbono foi o DNS, sendo a altura total a menos recomendada, pois apresentou os menores valores para o R^2 . A combinação entre as duas variáveis DNS e HT resultou em melhora significativa, porém ainda apresentou valores insatisfatórios para propor uma equação precisa de estoque de carbono em plantas da caatinga. Graficamente os diagramas de dispersão dos valores do EC em função das variáveis DNS e HT foram melhores representados pelo os modelos de potência e regressão linear simples (Fig.1, 2).

Com coeficientes de determinação que variaram de acordo com o modelo, a variável HT obteve o melhor valor, 0,1801 para R^2 , por regressão linear, esse baixo valor indica que a variação entre a altura das amostras e a proporção do EC na biomassa seca de cada amostra, seria explicado por apenas 18% da variabilidade. De forma análoga, o uso da variável DNS apresentou como melhor equação o modelo de regressão linear e função de potência, obtendo-se valores de R^2 de 0,4094 e 0,4093, respectivamente (Tab.3).

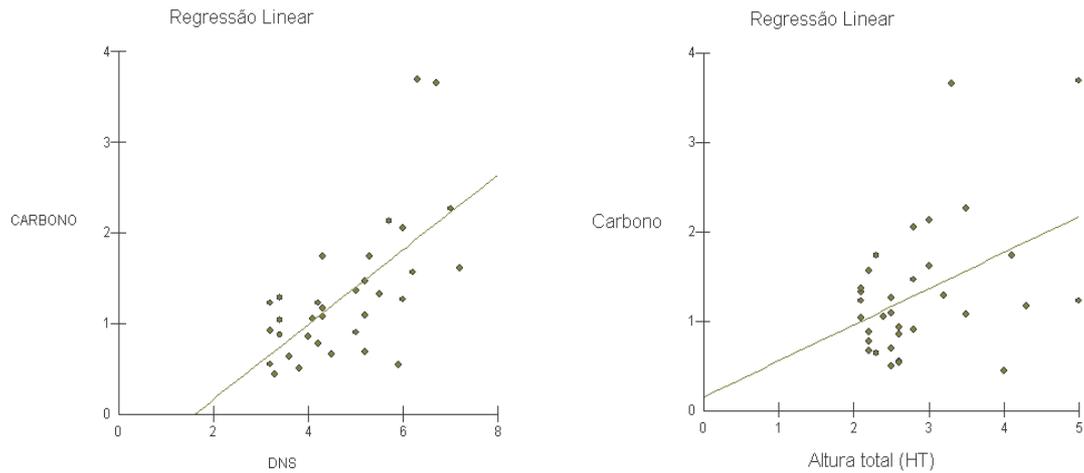


Figura 1: Teste de regressão linear entre as medidas de diâmetro ao nível do solo (DNS), altura total (HT) e estoque de carbono (EC).

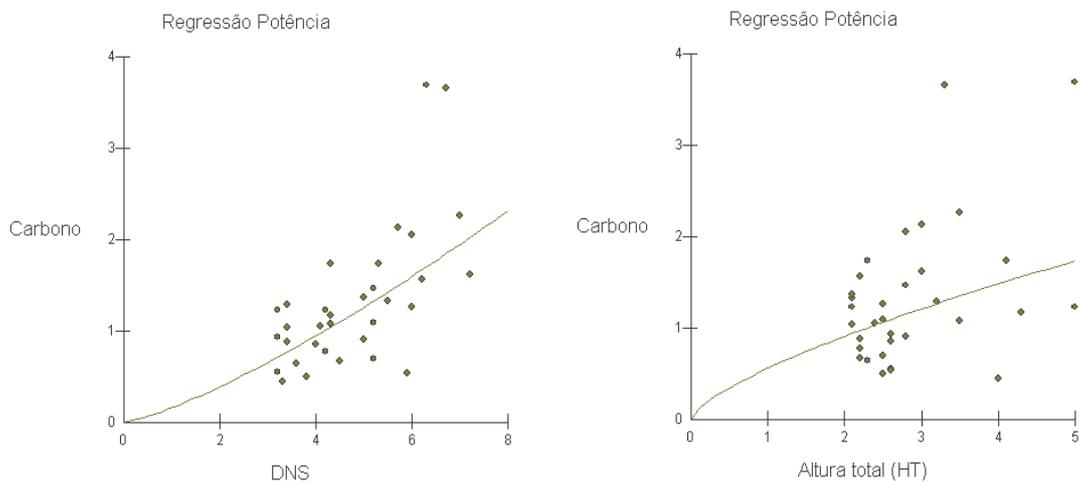


Figura 2: Teste de regressão potência entre as medidas de diâmetro ao nível do solo (DNS), altura total (HT) e estoque de carbono (EC).

Os modelos geométrico e logarítmico não demonstraram representação gráfica satisfatória do estoque de carbono (EC) em função das variáveis (HT) e (DNS), já o modelo exponencial apresentou o coeficiente de determinação similar aos modelos considerados mais adequados (Fig. 3, 4 e 5).

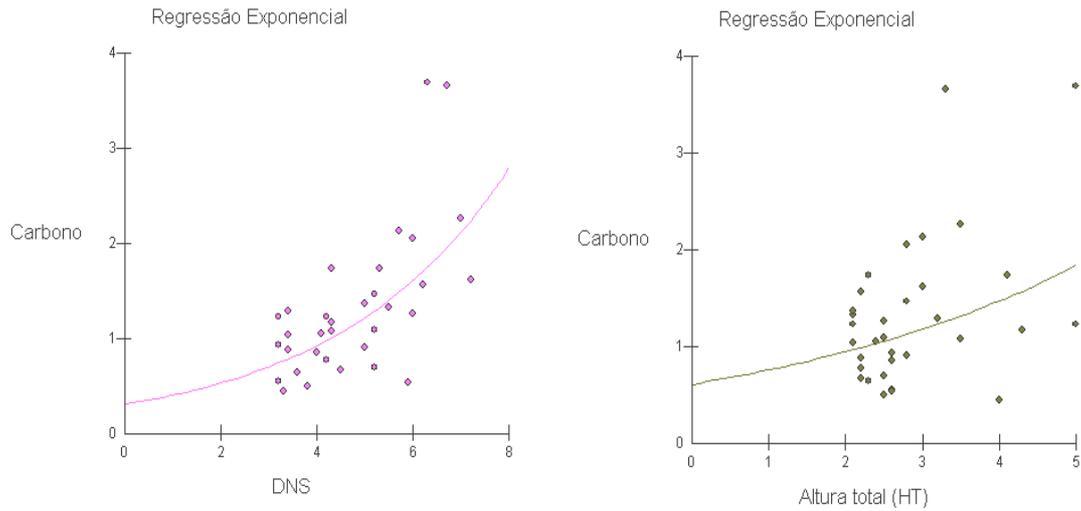


Figura 3: Teste de regressão exponencial entre as medidas de diâmetro ao nível do solo (DNS), altura total (HT) e estoque de carbono (EC).

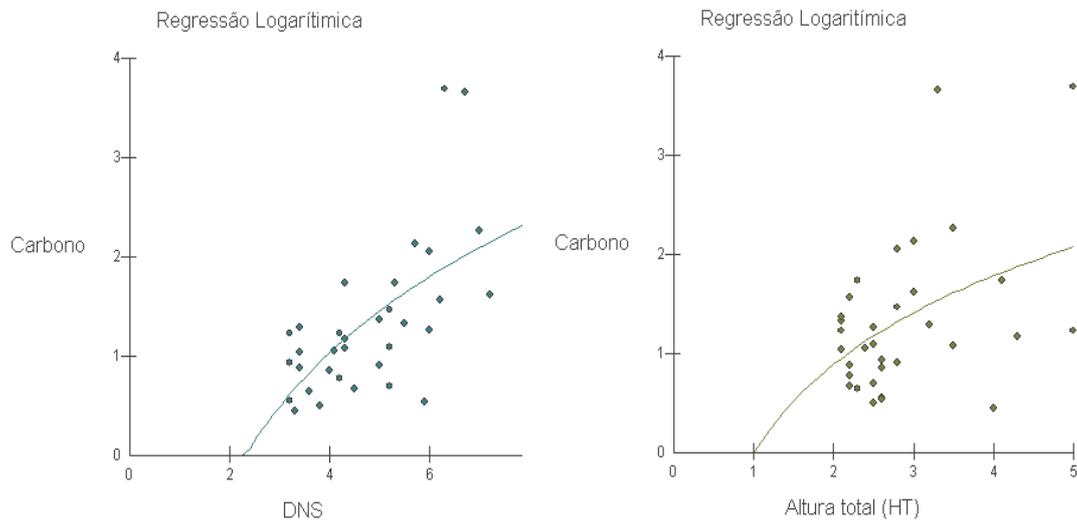


Figura 4: Teste de regressão logarítmica entre as medidas de diâmetro ao nível do solo (DNS), altura total (HT) e estoque de carbono (EC).

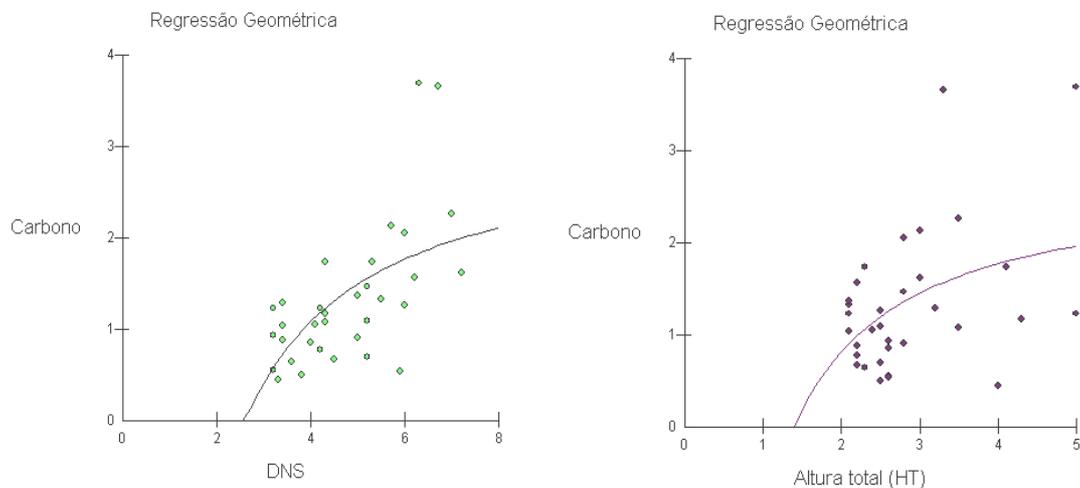


Figura 5: Teste de regressão geométrica entre as medidas de diâmetro ao nível do solo (DNS), altura total (HT) e estoque de carbono (EC).

De modo complementar, foi estabelecido entre as variáveis independentes e a dependente o coeficiente de correlação de Pearson, que expressa o grau da correlação linear e a direção entre duas variáveis. A variável HT apresentou uma correlação linear máxima, em relação ao EC, de 0,4244, indicando uma baixa correlação linear positiva. Expressando também uma relação positiva, porém de maior intensidade, obteve-se para o DNS uma correlação linear de 0,6339 em relação ao EC.

Ao estabelecer equações alométricas para estimar a biomassa em espécies da caatinga, Sampaio e Silva (2005) encontraram como melhor variável o diâmetro ao nível do peito (DAP), além disso, registraram elevada correlação entre o DAP e o DNS, este último, podendo ser convertido sem perda de precisão. Inserido nessa mesma prerrogativa, Silva e Sampaio (2008) relataram que a variável independente DAP se ajustou melhor a equação do tipo potência ($B = a \text{ DAP}^b$), assim como Sampaio e Silva (2005) registraram, as variáveis HT e APC, neste estudo, apresentaram baixos valores para o coeficiente de determinação, não sendo recomendadas para modelagem.

Tabela 3. Modelos de regressão testados, equações alométricas para estimar o estoque de carbono em parte aérea total de plantas da caatinga, em função do diâmetro ao nível do solo (DNS) e seus respectivos coeficientes de determinação.

Modelo de Regressão	Equação	R²
Linear	$EC = -0,6596 + 0,4126 \text{ DNS}$	0,409 4
Exponencial	$EC = 0,3042 e^{(0,2772 \text{ DNS})}$	0,404 0
Geométrica	$EC = 0,1580 \text{ DNS}^{1,2906}$	0,385 2
Potência	$EC = 3,178 \text{ DNS}^{1,9137}$	0,409 3
Logarítmica	$EC = -1,5906 + 1,8922 \ln(\text{DNS})$	0,378 9
Combinação das Variáveis (DNS) e (HT)		
Linear múltipla	$EC = -1,4721 + (0,3836 \text{ DNS}_1) + (0,3306 \text{ DNS}_2)$	0,528 2

Neste estudo as equações que melhor se ajustaram para estimar o estoque de carbono, foram a função do tipo potência $EC = 3,178 \text{ DNS}^{1,9137}$ e a regressão linear simples $EC = -0,6596 + 0,4126 \text{ DNS}$, todas com o uso da variável DNS (Tab.3). A combinação das variáveis DNS e HT proporcionou o estabelecimento da equação de regressão linear múltipla: $EC = -1,4721 + (0,3836 \text{ DNS}_1) + (0,3306 \text{ DNS}_2)$ que apresentou o melhor coeficiente de determinação $R^2 = 0,5282$. Combinações entre variáveis também foram testadas por Sampaio

e Silva (2005) e Silva e Sampaio (2008) e em ambos os trabalhos a combinação entre as medidas de diâmetro e altura total resultou em melhorias no coeficiente de determinação, entretanto, a recomendação é de que a melhoria não recompensa o esforço em obter HT em campo.

Ao comparar os coeficientes de determinação para estoque de carbono em relação aos registrados de biomassa por Sampaio e Silva (2005) e Silva e Sampaio (2008) e estoque de carbono no cerrado por Resende et al. (2006), os valores foram baixos, demonstrando que os modelos não justificaram satisfatoriamente a estimativa do estoque de carbono e, ainda, sugerindo que a amostragem nesse estudo foi insuficiente para ter-se com exatidão o potencial de estocagem de carbono em plantas da caatinga e propor uma equação alométrica precisa para estimativas futuras.

Conclusão

Os modelos matemáticos de regressão testados resultaram em coeficiente de determinação com valores baixos, sendo o DNS a variável que apresentou melhor correlação com o estoque de carbono (EC) e ao ser combinada com HT apresentou ligeira melhora, no entanto, ainda com valor insatisfatório para o R^2 . A função do tipo potência e a regressão linear simples foram as equações que melhor explicaram a estocagem de carbono, no entanto, um acréscimo da amostragem para formulação da equação alométrica seria necessário para aumentar a precisão das estimativas.

Referências

AESA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (Relatório Final)**. João Pessoa: Governo da Paraíba, 2006.

AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V.S.B.; ARAUJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 19, n. 3, p.615-623, jul./set. 2005.

ANDRADE, L. A; PEREIRA, I. M.; LEITE, U. T.; BARBOSA, M. R. V. Análise da Cobertura de duas Fitofisionomias de Caatinga com Diferentes Históricos de Uso, no Município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **Cerne, Lavras**, v. 11, n. 3, p. 253-262, jul./set. 2005.

ANDRADE-LIMA, D. de. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, p. 149-153, 1981.

ARAÚJO FILHO, J. A., CARVALHO, F. C. de. Desenvolvimento sustentado da Caatinga. In: ALVAREZ V. H.; FONTES, L. E. F. FONTES, M. P. (Eds.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCS,UFV, DPS, p.125-133. 2002.

AYRES, M., AYRES JÚNIOR, M., AYRES, D.L. e SANTOS, A.S., BioEstat 5.0: **Aplicações estatísticas nas áreas de ciências biológicas e médicas**. Sociedade Civil Manirauá e CNPq, Belém, 2000.

BRASIL. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de São João do Cariri, estado da Paraíba**. MME/CPRM - Serviço Geológico do Brasil Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

BROWNING, B. L.. The chemistry of Wood. London: **Interscience**, p. 63, 1963.

CAMPELLO, F. B.; GARIGLIO, M. A.; SILVA, J. A.; LEAL, A. M. A. **Diagnóstico florestal da região Nordeste**. Brasília: IBAMA/PNUD/BRA/93/033, 1999. 20p.

CASTELLETTI, C.H.M.; SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; SANTOS, A.M.M.. **Quanto resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar**. In: Workshop Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga (SILVA, J.M.C. & TABARELLI, M. coord.) Petrolina, 2000.

COSTA, T.C.C.; ACCIOLY, L.J.O.; OLIVEIRA, M.A.J.; BURGOS, N. e SILVA, F.H.B.B.. Phytomass mapping of the “Seridó caatinga” vegetation by the plant area and the normalized difference vegetation indeces. **Scientia Agricola**, v. 59 p. 707-715, 2002.

DRAPPER, N. R. e SIMITH, H.. **Applied regression analysis**. New York: J. Wiley & Sons, 1981. p.725.

FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira**. 2. ed. Fortaleza: Multigraf, 2000. 341 p.

ISAIA, E. M. B. ITO., ISAIA, T., GARIGLIO, M. A. e VERSLYPE, C.. **Avaliação do estoque lenheiro do estado do Rio Grande do Norte**. 1ª etapa – Estratificação da vegetação nativa lenhosa através de composições coloridas do sensor TM-LANDSAT. PNUD/FAO/IBAMA/BRA/87/007. 1988. 22-32p.

KAUFFMAN J.B.; SANFORD, R.L.; CUMMINGS, D.L.; SALCEDO,I.H. e SAMPAIO, E.V.S.B.. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests. **Ecology** v.74, p.140-151, 1993.

NASCIMENTO, S. S.; ALVES, J. J. A.. Ecoclimatologia do cariri paraibano. **Rev. Geogr. Acadêmica** v.2 n.3, 2008. 28-41p.

PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Editora Universitária da UFPE, Recife. 2003. 804p.

RIBEIRO, G. do N.. **Mapeamento do uso atual da terra e cobertura vegetal em área do agreste paraibano utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. Dissertação. Pós-graduação manejo de solo e água. UFPB. Areia, 2006.

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

RODAL, M.J.N.; COSTA, K.C.C. e SILVA, A.C.B.L.. Estrutura da Vegetação Caducifólia Espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. **Hoehnea**, vol. 35, no. 2, p. 209-217, 2008a.

RODAL, M.J.N.; SAMPAIO, E.V.S.B; FIGUEIREDO, M.A. **Manual sobre métodos de estudo e fitossociológico- ecossistema Caatinga**. Sociedade Botânica do Brasil, 1992. 24p.
SAMPALIO, E. V. S. B.; SILVA, G. C. Biomass equations for Brazilian semiarid caatinga plants. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 937-945, out./dez. 2005.

SAMPALIO, E.V.S.B.. Fitossociologia.. In: E.V.S.B. SAMPAIO; S.J. MAYO e M.R.V. BARBOSA (eds.). **Pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectivas**. Recife, Sociedade Botânica do Brasil. 1996. p. 203-224.

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

SILVA, J. M. C. da, TABARELLI, M., FONSECA, M. T. da e LINS, L. V.. **Biodiversidade da caatinga: Ações prioritárias para a conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio Ambiente. **Atualização do diagnóstico florestal do Estado da Paraíba, João Pessoa**: SUDEMA, 268. 2004.

TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C.; SANTOS, A.M.M.; VICENTE, A.. **Análise de representatividade das unidades de conservação de uso direto e indireto na Caatinga: análise preliminar**. In: Workshop Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga (SILVA, J.M.C. & TABARELLI, M. coord.) Petrolina, 2000.

TERTULIANO, S. S. X., SILVA, J. A. da, PAES, J. B. e ARAÚJO, L. V. C. de. Equações de massa e determinação da massa específica básica da madeira de *Cróton sonderianus* Müell. Arg.. **Brasil Florestal**, no76, 2003. 15-22p.

VOGEL, H. L. M. , SCHUMACHER , M. V. E WITSCHORECK, L. S. R..Crescimento inicial de *Pinus taeda* l. relacionado a doses de N, P e K¹. **Ciência Florestal**, Vol. 15, No. 2, 2005, 119-206p.

WHITTAKER, R. H.; BORMANN, F. H.; LIKENS, G. E. e SICCAMMA, T. G.. The Hubbard Brook ecosystem study: forest biomass and production. **Ecological monographs**, v. 44, p. 233-252, 1974. DRAPPER, N. R. e SIMITH, H.. **Applied regression analysis**. New York: J. Wiley & Sons, 1981. p.725.