



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ECONOMIA ECOLÓGICA

LÍGIA SOARES RODRIGUES

**QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA E DO CARBONO ESTOCADO NA RESERVA
PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL FAZENDA NÃO ME DEIXES,
QUIXADÁ, CEARÁ.**

FORTALEZA

2021

LÍGIA SOARES RODRIGUES

QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA E DO CARBONO ESTOCADO NA RESERVA
PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL FAZENDA NÃO ME DEIXES,
QUIXADÁ, CEARÁ.

Monografia apresentada a Coordenação do Curso de
Graduação em Economia Ecológica da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção
do título de Bacharel (a) em Economia Ecológica.

Orientador: Prof. Dr. Guillermo Gamarra Rojas

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R614q Rodrigues, Lígia Soares.
Quantificação da biomassa e do carbono estocado na reserva particular do patrimônio natural Fazenda Não Me Deixes, Quixadá, Ceará / Lígia Soares Rodrigues. – 2021.
44 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Economia Ecológica, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Guillermo Gamarra Rojas.

1. Serviços ecossistêmicos. 2. Caatinga. 3. Levantamento. I. Título.

CDD 577

LÍGIA SOARES RODRIGUES

QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA E DO CARBONO ESTOCADO NA RESERVA
PARTICULAR DO PATRIMONIO NATURAL FAZENDA NÃO ME DEIXES,
QUIXADÁ, CEARÁ.

Monografia apresentada a Coordenação do Curso de
Graduação em Economia Ecológica da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção
do título de Bacharel (a) em Economia Ecológica.

Aprovada: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Guillermo Gamarra Rojas
Universidade Federal do Ceará (UFC)
Orientador

Prof. Dr. Francisco Carlos Barboza Nogueira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Casimiro Filho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Ana Célia, pelo o exemplo de bravura e resiliência.

A Blandina, pela as lições valiosas.

A Sarah, pelo o sinal de esperança em tempos sombrios.

A Layana, pela a reciprocidade.

A todas elas, pelo amor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado forças e me guiado no caminho até aqui, pois não foi fácil, houve muitas atribulações e devido a sua graça, pude traçar uma trajetória de muito conhecimento, sabedoria que por fim permitiu a elaboração desse trabalho. A Ele toda honra e toda glória.

A minha família, especialmente minha mãe, meus irmãos e minha segunda mãe que sempre acreditaram em mim e lutaram para me dar a melhor educação, melhor convivência e são diretamente responsáveis pelo ser humano que sou.

Agradeço aos meus colegas de curso e universidade, onde com os meus colegas de curso, compartilhamos de frustrações, decepções, mas também pequenas vitórias ao longo do curso que fizeram toda a diferença na formação dos economistas ecológicos que somos, em especial Ayeska Haisa e Amanda dos Santos. Em relação aos colegas de universidade, somente o sentimento de gratidão por sempre acreditarem em mim e me incentivarem independente das circunstâncias, onde não era desejado nada além do meu bem, em especial Matheus Oliveira e Leonardo Barbosa e Railson Inácio.

Aos meus amigos que sempre me incentivaram, me apoiaram nos momentos difíceis, mostravam que para além da minha ansiedade, da minha autossabotagem, do meu pessimismo havia sim um caminho de luz se eu me permitisse viver e acreditar, especialmente Mikaelle Bandeira, Alpha Pompeu, Leonardo Souza, Germano Sousa e Joyce Irlane Cunha.

Agradeço a minha companheira, Karolaine Vitoriano, que foi um presente que a Universidade me proporcionou onde me apoiou em todas as minhas escolhas de vida desde que nos conhecemos e nunca fez nada além de acreditar em mim e incentivar. Obrigada por ser um exemplo de determinação para mim.

À Universidade Federal do Ceará, especialmente ao Programa Residência Agrária/PET Agrárias – Conexão de Saberes, ao qual passei mais da metade da minha graduação e devo boa parte das minhas experiências acadêmicas que me permitiram ser a profissional que sou hoje.

A Prof (a). Dr. Maria Lúcia de Sousa Moreira, tutora do PET – Conexão de Saberes, pelo o verdadeiro exemplo de amor a profissão e afeto.

A todos os professores do curso de Economia Ecológica que foram tão importantes na minha vida acadêmica, em especial ao professor, Prof. Dr. Francisco Carlos Barboza Nogueira que foi o homem ao qual abriu as portas para mim, apresentando diferentes mundos, diferentes conhecimentos e ao Prof. Dr. Francisco Casimiro Filho por fazer parte da minha banca e por introduzir o tema que de certa forma se tornou um fascínio e foi a base dessa pesquisa.

RESUMO

O sequestro de carbono e seu estoque na biomassa vegetal acima do solo contribuem para reduzir o efeito estufa e consequente aquecimento global onde a conservação de florestas privadas através da criação de unidades de conservação deve garantir aos seus proprietários alguma compensação pelos serviços ambientais produzidos, incluindo o sequestro de carbono e seu estoque na biomassa florestal. Este trabalho teve por objetivo quantificar a biomassa e os estoques de carbono da RPPN Não Me Deixes, Quixadá, Ceará. A estimativa do estoque de carbono pode auxiliar na avaliação econômica dos serviços ambientais prestados por esta e outras categorias de unidades de conservação. Foi estudada a área de Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Não – Me – Deixes localizada em Quixadá no estado do Ceará. Foram determinados os estoques de biomassa e carbono da vegetação arbórea da área da RPPN que é uma Unidade de Conservação. A determinação da biomassa nessas áreas foi mensurada através de equações alométricas, visto que não seria viável, técnica e legalmente, a utilização do método destrutivo. A conversão da biomassa em carbono se deu pela adoção de um fator 0,5 e a contabilização dos créditos de carbono foi gerada por um fator 3,67. O estudo da vegetação arbórea indicou um total de 2311 indivíduos, pertencentes a 31 espécies e 12 famílias botânicas. Na área da RPPN, a biomassa estimada foi igual a 38.502,00 toneladas de biomassa acima do solo, o que corresponde a um estoque de carbono de 19.251,00 t - C ha⁻¹ para os 300 hectares de UC. Na vegetação, predominaram as espécies conhecidas como marmeleiro, jurema-preta, caatingueira, cumaru e pereiro. A estimativa para biomassa e carbono da RPPN contida na Caatinga foi muito boa em relação a florestas de outros biomas do Brasil, pois acabou gerando resultados semelhantes ou melhores que florestas preservadas de outros biomas. Com isso se torna importante fazer esses estudos para comprovar que a Caatinga atuou como sumidouro de CO₂, mesmo sofrendo com períodos de seca extrema e interferências humanas, se torna um importante aliado na realização desse serviço ecossistêmico de fixação e estocagem de carbono de forma significativa. torna-se importante enaltecer os serviços fornecido pela Caatinga principalmente nas áreas de preservação do Bioma, como a RPPN, que multiplica a capacidade de estocar e sequestrar carbono da atmosfera por estar preservada.

Palavras – chaves: serviços ecossistêmicos, caatinga, levantamento

ABSTRACT

The sequestration of carbon and its stock of above-ground plant biomass contributes to reducing the greenhouse effect and consequent global warming where the conservation of private forests through the creation of conservation units must guarantee their owners some compensation for the environmental services produced, including the carbon sequestration and its stock in forest biomass. This work aimed to quantify the biomass and carbon stocks of RPPN Não Me Deixes, Quixadá, Ceará. The estimation of the carbon stock can assist in the economic evaluation of the environmental services provided by this and other categories of conservation units. The Private Reserve area of the Patrimônio Natural Fazenda Não - Me - Deixes located in Quixadá in the state of Ceará was studied. The biomass and carbon stocks of tree vegetation in the RPPN area, which is a Conservation Unit, were determined. The determination of biomass in these areas was measured using allometric equations, since it would not be technically and legally feasible to use the destructive method. The conversion of biomass to carbon took place by adopting a factor of 0.5 and the accounting for carbon credits was generated by a factor of 3.67. The study of tree vegetation indicated a total of 2311 individuals, belonging to 31 species and 12 botanical families. In the RPPN area, the estimated biomass was equal to 38,502.00 tons of biomass above ground, which corresponds to a carbon stock of 19,251.00 t - C ha⁻¹ for the 300 hectares of UC. In the vegetation, the species known as marmeleiro, jurema - preta, caatingueira, cumaru and pereiro predominated. The estimate for biomass and carbon of the RPPN contained in the Caatinga was very good in relation to forests in other biomes in Brazil, as it ended up generating similar or better results than preserved forests in other biomes. As a result, it is important to carry out these studies to prove that the Caatinga acted as a CO₂ sink, even suffering from periods of extreme drought and human interference, it becomes an important ally in the realization of this ecosystem service of carbon fixation and storage in a meaningful way. It is important to highlight the services provided by Caatinga, mainly in the areas of preservation of the Biome, such as the RPPN, which multiplies the capacity to store and sequester carbon from the atmosphere because it is preserved.

Keywords: ecosystem services, caatinga, survey.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ligações entre os serviços dos ecossistemas e o bem-estar humano.....	15
Figura 2 – Serviços ecossistêmicos segundo categorias	16
Figura 3 – Relação Biomassa – C – CO ₂	19
Figura 4 – Localização da RPPN Fazenda Não Me Deixes, Quixadá – CE.....	24
Figura 5 – Famílias mais representativas para a florística na Reserva Particular do Patrimônio Natural amostrada na Fazenda Não – Me – Deixes, Quixadá – CE	28
Figura 6 – Centro de classe de diâmetro das espécies escolhidas para estimativa de biomassa e carbono na RPPN Fazenda Não Me Deixes, Quixadá – CE.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Listagem das espécies amostradas durante o inventário florestal realizado na RPPN Não – Me – Deixes, Quixadá – CE.....	27
Tabela 2 – Índice de diversidade florística amostrada na RPPN Fazenda Não – Me – Deixes, Quixadá – CE.....	29
Tabela 3 – Parâmetros da estrutura horizontal das espécies arbóreas amostrada na RPPN Fazenda Não – Me – Deixes, Quixadá – CE	31
Tabela 4 – Estrutura paramétrica das florestas estimadas: relação entre o número de amostras com o número de indivíduos na RPPN Fazenda Não – Me – Deixes, Quixadá – CE	33

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
MEA	Millennium Ecosystem Assessment
CO2	Dióxido de Carbono
DAP	Diâmetro na Altura no Peito
C	Carbono
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
ASA BRANCA	Associação dos proprietários de RPPN do Ceará
ONG	Organização Não Governamental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
AGB	Biomassa Acima do Solo
IVI	Índice de Valor de Importância
EC	Estoque de Carbono
UFC	Universidade Federal do Ceará
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UVA	Universidade Estadual Vale do Acaraú

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEORICO.	15
2.1 Introdução	15
2.2 Evolução dos conceitos de serviços ecossistêmicos	15
2.2.1 Serviços ecossistêmicos	16
2.2.2 Sequestro de carbono	18
2.2.3 Eficiência do sequestro de carbono pela Caatinga	19
2.3 Quantificação ambiental	20
2.3.1 Quantificação da biomassa e estoque de carbono	21
2.4 Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)	23
2.4.1 RPPN Fazenda Não – Me – Deixes	24
3 METODOLOGIA	25
3.1 Descrição da área de estudo	25
3.2 Coleta de dados	27
3.3 Estoque de biomassa e de carbono.....	28
4 RESULTADOS	29
4.1 Estrato arbóreo	29
4.1.1 Composição florística	29
4.1.2 Índice de diversidade	31
4.1.3 Estrutura horizontal.....	32
4.1.4 Estrutura paramétrica	32
4.2 Estoques de biomassa e de carbono.....	36
5 CONCLUSÃO	38
6 REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

A floresta tropical sazonalmente seca (caatinga) do Nordeste brasileiro fornece ampla gama de serviços ecossistêmicos. Esses serviços incluem a manutenção da diversidade biológica, proteção do solo e da água, regulação do clima, armazenamento de carbono e manutenção de crenças e tradições culturais (FEITOSA, 2017). No entanto, tais serviços estão ameaçados por desmatamentos e diversas formas de degradação ambiental, tais como queimadas, mudanças no uso da terra, poluição do solo e da água (MIGUEZ et al., 2002). O processo de degradação da caatinga gera perda da vegetação e conseqüentemente reduz o estoque de carbono da biomassa vegetal (PEREIRA, 2013). Além disso, essas intervenções antrópicas nocivas ao meio ambiente repercutem nas populações rurais que necessitam dos recursos naturais para manutenção de sua subsistência (JACOBI, 2003).

O sequestro de carbono e seu estoque na biomassa vegetal acima do solo contribuem para reduzir o efeito estufa e conseqüente aquecimento global. Decorrente das conseqüências catastróficas das mudanças climáticas globais, a fixação de carbono pelas florestas vem chamando a atenção de pesquisadores nos diversos biomas florestais espalhados pelo planeta (CARVALHO et al., 2010).

Apesar do Nordeste brasileiro ter uma faixa considerável de seu território coberto por vegetação de caatinga, cerca de 70%, mais de 19% dessa vegetação já desapareceu ou encontra-se em processo de degradação (BRASIL, 2009). Por outro lado, dados do Ministério do Meio Ambiente apontam que menos de 2% da caatinga estão protegidos através de unidades de conservação (BRASIL, 2012). Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 1992) o ideal é que cada país tenha pelo menos 17% de seus biomas protegidos por unidades de conservação (MMA, 2000).

Por outro lado, a conservação de florestas privadas através da criação de unidades de conservação deve garantir aos seus proprietários alguma compensação pelos serviços ambientais produzidos, incluindo o sequestro de carbono e seu estoque na biomassa florestal (SMITH *et al.*, 2000). Neste cenário o papel mediador do governo é inquestionável, mesmo que os elementos diretamente envolvidos possam ser entes privados, está em jogo um bem e um legado que é de uso comum e é de todos (SILVA; MONTIBELLER-FILHO, 2011).

No entanto, somente criar unidades de conservação sem estruturar uma estratégia de diminuição da pobreza, da má distribuição de renda e da segurança da posse da terra na área rural não é suficiente para garantir o desenvolvimento sustentável (GRIEG-GRAN et al., 2005). Para May (2011) há necessidade de buscar equidade na distribuição de benefícios, que

pode ser garantida com a utilização de um sistema de certificação amparado em indicadores sociais, econômicos e ecológicos que diferenciem os diversos atores e contextos para projetos de carbono florestal. Afirma o citado autor que as prefeituras vêm promovendo a elaboração de indicadores de qualidade socioecológica de modo a proporcionar uma alocação dos recursos do ICMS - Ecológico proporcional ao estado de conservação e ao amparo às populações residentes dentro e no entorno das unidades de conservação.

A Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, instituiu o sistema nacional de unidades de conservação (SNUC) que estabelece os critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. Nela, as unidades de conservação estão definidas como um espaço territorial e seus recursos ambientais sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000).

Dentre as categorias de unidades de conservação criadas pelo SNUC está a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). É uma categoria de unidade de conservação de uso sustentável, em que a exploração e o aproveitamento econômico direto são permitidos, mas de forma planejada e regulamentada. Outro benefício econômico dessa unidade de conservação é a isenção do imposto territorial rural (ITR). Nessa categoria de unidade de conservação são lícitas a pesquisa científica e a visitação com objetivos turísticos, recreativos e educacionais que estão incluídos na categoria de serviços ecossistêmicos culturais (BRASIL, 2000). Acredita-se que o legislador ambiental ao estabelecer incentivos econômicos aos proprietários rurais quiz motivar aqueles que desejem ter em suas propriedades uma reserva particular para conservar a diversidade biológica e manter os serviços ambientais. A lógica da isenção de impostos fica ainda mais clara quando se soma a outros subsídios como o acesso ao crédito bancário e o pagamento por serviços ambientais como promotores do engajamento às condutas ambientalmente sustentáveis.

Os estoques de carbono de áreas florestais dentro de unidades de conservação têm valor econômico e devem ser vistos como um importante indicador para criação de novas unidades de conservação. Por isso, estudos que forneçam estimativas de estoques de carbono em florestas conservadas podem contribuir com informações técnicas para implementação de políticas públicas direcionadas para o pagamento por esse serviço ambiental. Esta pesquisa tem por objetivo quantificar a biomassa e os estoques de carbono da RPPN Não Me Deixes, Quixadá, Ceará. A estimativa do estoque de carbono pode auxiliar na avaliação econômica dos serviços ambientais prestados por esta e outras categorias de unidades de conservação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Introdução

Este capítulo tem como objetivo apresentar os conceitos de serviços ecossistêmicos resgatando a evolução do conceito, tendo um enfoque nos serviços de regulação, como o sequestro de carbono. Além de definições básicas em relação a quantificação ambiental e a sua importância como ferramenta para estimativa do estoque de carbono sendo um dos caminhos para a valoração ambiental de serviços ecossistêmicos priorizando princípios sustentáveis.

2.2 Evolução do conceito de serviços ecossistêmicos

Segundo Campanha (2019), no final na década de 1960 iniciou uma discussão da forma como a sociedade se beneficia diretamente ou indiretamente dos recursos naturais havendo um desenvolvimento do conceito da ideia de que os ecossistemas funcionam como fonte de suporte e manutenção para a sociedade humana, porém de acordo com Hermann *et al.* (2011), a denominação de “Serviços da Natureza” somente surgiu no ano de 1977 quando foi entendido que os ecossistemas fornecem benefícios para sociedade e que a compreensão dessa relação, consiste num valor social. Com isso, “nas décadas seguintes os ecologistas se empenharam em elaborar ainda mais a noção dos ecossistemas como sistemas de apoio à vida, provedores de serviços e bens econômicos” (CAMPANHA, 2019, p. 39).

De acordo com Groot *et al.* (2017), a princípio existia o conceito de “função dos ecossistemas”, mas não para se referir aos benefícios e serviços fornecidos pelos ecossistemas e sim, para conceituar um sistema de processos ecossistêmicos que estão dentro de um sistema ecológico. O conceito de serviços ecossistêmicos foi finalmente usado quando foi destacado a sua complexidade, como a produção de oxigênio e regulação da água com isso gerou uma notória importância para começar a conservação, onde não existia, ou intensificar onde já existia pois ficou clara a relação do fornecimento dos serviços ecossistêmicos para o desenvolvimento econômico já que estão intimamente ligados à geração de produtos e serviços tangíveis, como o fornecimento de alimentos, fibras e energia (CAMPANHA, 2019).

Com a realização da primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU ocorrida no ano de 1992, o debate sobre serviços ecossistêmicos intensificou norteando a conferência gerando diversos estudos que serviram de base para o conceito de serviços ecossistêmicos que existe hoje e que está em constante processo de evolução (GROOT *et al.*, 2002).

O conceito de serviços ecossistêmicos conhecido como os serviços prestados pelos

ecossistemas naturais e as espécies que os compõem que condicionam a permanência da vida humana na Terra foi definitivamente estabelecido na Avaliação Ecosistêmica do Milênio – MEA (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) e como organizada pela Organização das Nações Unidas (ONU) fez com que essa abordagem fosse inserida nas agendas políticas nacionais dos países (CAMPANHA, 2019).

2.2.1 Serviços ecossistêmicos

Uma pauta bastante preocupante e alarmante hoje em dia, principalmente no Brasil, tem sido a degradação ambiental por conta do seu impacto no fornecimento de serviços ambientais. Essa degradação ambiental é proveniente do padrão estabelecido para crescimento econômico, onde desde o início, não houve uma incorporação dos custos do capital natural dentro do sistema de contabilidade do país (VILAR, 2009).

No geral, os serviços ecossistêmicos podem ser entendidos como os benefícios que a população obtém de forma indireta ou direta dos ecossistemas naturais. São serviços que a população necessita, mesmo que essa necessidade não seja reconhecida popularmente, e a demanda só tem aumentado com o aumento da população global onde a demanda está inteiramente ligada a essencialidade do serviço a sobrevivência do homem e a ao bem-estar humano (ENGEL *et al.* 2008).

Existem formas de identificação e classificação dos serviços ecossistêmicos, onde autores como Mejía (2005, p.21), “sugere a existência de um amplo número de funções do ecossistema e de seus bens de serviços associados, entretanto é conveniente agrupar as funções ecológicas em quatro categorias principais: regulação, habitat, produtivas e de informação”.

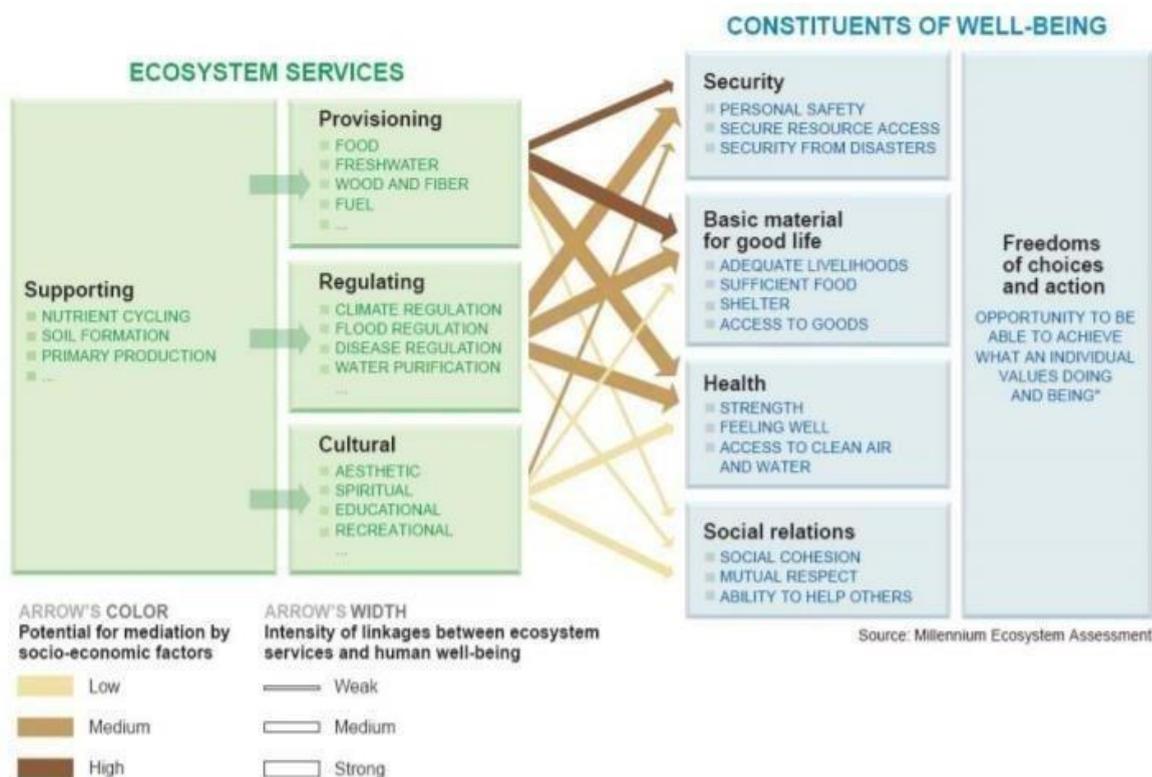
A *Millennium Ecosystem Assessment* (2005) é referência se tratando dos serviços ecossistêmicos, onde a classificação dos serviços ecossistêmicos proposta por essa avaliação vem sendo usada como metodologia em diversos trabalhos desde o seu lançamento. De acordo com o MEA (2005), a classificação dos serviços ecossistêmicos foi dividida em quatro categorias:

- Serviços de Regulação, como regulação climática, regulação e purificação da água, polinização;

- Serviços de Provisão, como fornecimento de alimentos, água, madeira;
- Serviços Culturais, como ecoturismo e recreação, espiritual e religioso;
- Serviços de Suporte, como produção de oxigênio, ciclagem de nutrientes.

A MEA (2005), iniciativa da ONU, tratou logo de relacionar os serviços ecossistêmicos, de acordo com sua classificação, com o bem-estar humano gerado. Foi executada por um conjunto de cientistas de várias nações, com o objetivo de avaliar as consequências da mudança do ecossistema para o bem-estar humano e a base científica das ações necessárias para melhorar a conservação e o uso sustentável desses sistemas conforme (EMBRAPA, 2019, p. 41), como vemos na figura 1.

Figura 1 – Ligações entre os serviços dos ecossistemas e o bem-estar humano.



Fonte: Millennium Ecosystem Assessment (2005).

A partir da figura 2, nota-se como a classificação proposta pela MEA (2005) foi adaptada e vem sendo utilizada por diversos autores como metodologia principal para a classificação dos serviços ecossistêmicos.

Figura 2 - Serviços Ecossistêmicos segundo categorias.



Fonte: Andrade e Romeiro (2009).

2.2.2 Sequestro de carbono

Um dos serviços ecossistêmicos mais importantes prestados é o de sequestro de carbono que pode ser avaliado de acordo com a quantificação da biomassa de carbono. O Brasil, um país com uma grande diversidade de biomas, tem hectares de vegetação arbórea e arbustiva que tem uma grande capacidade de absorver dióxido de carbono (CO₂) atmosférico e esse serviço é essencial para regular as condições ambientais no geral. A captação desse carbono ocorre por meio da fotossíntese, que é o processo que as plantas absorvem o CO₂ (BRASIL, 2012).

A troca de carbono entre o reservatório terrestre e o atmosférico é o resultado de processos naturais da fotossíntese e respiração, e da emissão de gases causados pela ação humana. A captura de carbono através da fotossíntese ocorre quando as plantas absorvem energia solar e CO₂ da atmosfera, produzindo oxigênio e hidratos de carbono (açúcares como a glicose), que servem de base para seu crescimento. Através deste processo as plantas fixam o carbono na biomassa da vegetação, e consequentemente constituem, junto com seus resíduos (madeira morta e serapilheira), um estoque natural de carbono (Rügnitz; Chacón; Porro, 2009, p.2).

O sequestro de carbono funciona como uma moeda ambiental que pode ser comercializada e vendida para países que estão obrigados a reduzir suas emissões (FAJARDO & JUNIOR, 2015, p. 2). Segundo Fajardo & Junior (2015), o processo de compra e venda de créditos de carbono é possível a partir da verificação e monitoramento de projetos referentes a reflorestamentos, a redução de emissões de degradação ambiental a ao manejo florestal sustentável.

Para que um projeto seja validado e aprovado no mercado de créditos de carbono é necessário quantificar a biomassa e o sequestro de carbono (UNFCCC, 2007). No Brasil, estes serviços são realizados pela extensa vegetação encontrada nos diferentes biomas existentes, como a Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica principalmente em áreas com maiores densidades e capacidade para a preservação ambiental, como as Unidades de Conservação, terras indígenas, assentamentos rurais (SEEG Brasil, 2017).

2.2.3 Eficiência do sequestro de carbono pela Caatinga

Sequestro de carbono como principal medida mitigatória para a regulação das condições climáticas, tem-se a região semiárida do país com um futuro de que seja a mais afetada pelas mudanças climáticas, tendo a previsão de aumento da temperatura do ar de 2 a 4° até o final do século como uma grande preocupação (Marengo, 2008).

Com grande destaque da região semiárida, a vegetação Caatinga é um grande complexo de vegetação exclusivamente brasileiro que apresenta espécies arbóreas e arbustivas com características bem específicas, como um comportamento fisiológico e fenológico resilientes ao clima, normalmente quente e seco (Trovão *et al.*, 2007).

Além de sofrer com o clima adverso e com o aumento do colapso ambiental, a Caatinga é ameaçada pelos processos de degradação por atividades como a agricultura de corte e conversão de vegetação nativa por pasto (Souza *et al.*, 2015). Estima-se que por volta de 70% da caatinga sofreram alterações antrópicas, com somente 7,4% de seu território protegido por áreas de Unidade de Conservação no geral (MMA, 2010).

Logo, ocorre a preocupação de que a Caatinga, como um ecossistema que está sofrendo constantemente com ação do homem, funcione mais como fonte de gases de efeito estufa do que como reserva de estoque de biomassa e carbono (CARVALHO, 2010). Porém ficou evidenciado após estudos que ocorre totalmente o contrário sendo evidenciado que a caatinga atua como um grande sumidouro de CO₂ mesmo que em períodos de extrema seca, onde em

monitoramento, o bioma sequestrou mais de 3 toneladas de carbono por hectare. Com isso, coloca a floresta da caatinga como a mais eficiente comparado a outras florestas do mundo (Mendes *et al.*, 2020).

Portanto se torna necessário a realização de pesquisas que analise o sequestro de carbono pela Caatinga afim de evidenciar que por mais que seja um bioma que sofre bastante com a degradação ambiental e de certa forma emita uma quantidade de gases de efeito estufa, o serviço de sequestro de carbono prestado sobrepõe essa emissão sendo necessário um conhecimento a respeito do serviço ambiental (Morais *et al.*, 2016).

2.3 Quantificação ambiental

A vegetação, em sua totalidade, realiza um dos serviços ambientais mais importantes que é o armazenamento de carbono, que tem como principal função evitar o aumento das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, evitando assim o aumento do aquecimento global. Fearnside (2008), fala que o armazenamento de carbono evita o efeito estufa e, por consequência, é de preocupação mundial. Logo, o desmatamento em crescimento contínuo em todos os biomas do Brasil causa uma preocupação em relação ao seu impacto na diminuição dos estoques de carbono. Segundo Zelarayán *et al.* (2015), o estoque total de carbono nas florestas mais conservadas costuma ser maior de acordo com estudos realizados em terra firme, do que em florestas que sofreram degradação, pois foi contestado uma redução expressiva no estoque de carbono, principalmente devido ao decréscimo do componente arbóreo.

Logo, segundo Fearnside (2008), está havendo uma interpretação errônea dos serviços ambientais onde seu grande valor está sendo resumido somente a fluxos financeiros, no caso do armazenamento de carbono, está sendo ignorado o fundamental papel desse serviço no processo de combate ao aquecimento global.

Para trabalhar diretamente nesse déficit, se torna necessário trabalhar nas incertezas da quantificação e atribuição dos serviços e na interpretação dos números em termos de políticas públicas e benefícios locais, nacionais e globais sendo o principal papel da quantificação ambiental atualmente (FEARNSIDE *et al.*, 2008, p. 44).

De acordo com Leite (1994, *apud* Paixão *et al.*, 2006), a quantificação ambiental entra como uma ferramenta que viabiliza um manejo florestal moderno, buscando justamente a integração entre floresta, indústria e mercado com o intuito de gerar um equilíbrio na busca por retorno financeiro e garantia da qualidade ambiental. Logo a quantificação ambiental, surge como uma técnica desenvolvida para buscar alternativas de uso e estimar os diferentes produtos

que as florestas podem oferecer.

Preservar o meio ambiente se tornou uma prioridade atualmente tendo em vista o quanto os recursos estão se tornando escassos, consequência do eminente colapso ambiental. Porém, ocorre que o interesse econômico está superando a importância dos benefícios ambientais sendo ignorada as externalidades positivas gerada e a quantificação ambiental se torna o caminho mais viável para a resolução do problema. Existem diversas críticas acerca do assunto, como por exemplo, a forma como a quantificação reduz o “valor” no sentido de importância dos recursos naturais, a sua qualidade pois é necessário gerar dados, que geralmente são diretos e sucintos (LEITE, 2005). Porém, com a necessidade do aumento da preservação ambiental, fez com que os estudos em relação a quantificação ambiental sejam cada vez mais voltados para mostrar a importância dos serviços ambientais prestados, como o sequestro de carbono afim de contribuir cada vez mais com projetos de recuperação de áreas degradadas, planos de manejo sustentáveis entre outros (PAIXÃO, *et al.*, 2006).

2.3.1 Quantificação da biomassa e estoque de carbono

O inventário de biomassa é um requisito básico para desenvolver projetos que tenham como objetivo a obtenção de certificados de crédito de carbono. O inventário quantifica o armazenamento de carbono em diferentes depósitos presentes em distintos usos da terra ou ecossistemas, permitindo também medir o impacto de um determinado projeto na remoção (sequestro) de CO₂ presente na atmosfera, através de sua fixação na biomassa existente (Rügnitz; Chacón; Porro, 2009).

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 micronutrientes da vegetação, que são obtidos pelo produto da massa pelas concentrações de cada mineral. No caso do clima, a biomassa é usada para estimar os estoques de Carbono, que, por sua vez, são utilizados para estimar a quantidade de CO₂ que é liberada à atmosfera durante um processo de queimadas (HIGUCHI, *et al.*, 1998, p. 154).

Os estudos de biomassa florestal são feitos com objetivos diversos, dentre os quais destacam-se a quantificação da ciclagem de nutrientes, a quantificação para fins energéticos e como base de informação para estudos de sequestro de carbono. Esses estudos são de grande importância para a tomada de decisões no manejo dos recursos florestais (RATUCHNE, *et al* 2016).

Os métodos para quantificação de biomassa podem ser *diretos* (determinação) e

indiretos (estimativa), onde:

O método direto consiste na derrubada e pesagem de todos os componentes das árvores que ocorrem em determinado número de parcelas, sendo feita em seguida a extrapolação da avaliação para área total. A estimativa aérea pelo método indireto consiste em correlacioná-la com alguma variável de fácil obtenção e que não requeira a destruição do material vegetal. As estimativas podem ser feitas por meio de relações quantitativas ou matemáticas, como razões ou regressões de dados provenientes de inventários florestais (DAP, altura e volume), por dados de sensoriamento remoto (imagens de satélite) ou utilizando base de dados em sistema de informação geográfica. No método indireto, a biomassa é estimada a partir do volume da madeira, usando-se a densidade média da madeira, e, em algumas situações, fatores de correção são utilizados para melhorar as estimativas (HIGUCHI, 1994 *apud* VILAR, 2009, p.6).

Segundo Miranda; Melo; Sanquetta (2011), especificamente para a estimativa de biomassa e carbono pelo método indireto é necessário a aplicação de equações alométricas apropriadas e a extrapolação dos resultados, onde a partir daí se torna possível o envolvimento de outras relações como a relação Biomassa + C + CO₂, como se pode observar na figura 3:

Figura 3 – Relação Biomassa – C – CO₂

Caixa 2.
Relação Biomassa - C - CO₂

Uma tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas (t) de CO₂ (obtido em razão dos pesos moleculares do carbono e do CO₂, de 12 / 44). Para saber a quantidade de CO₂ emitido ou armazenado a partir da quantidade carbono de um determinado depósito deve-se multiplicar esta por 3,67. Por sua vez, uma tonelada de biomassa florestal possui aproximadamente 0,5 tonelada de carbono. Resumindo:

1 t biomassa	+/- 0,5 t C
1 t C	3,67 t de CO₂

Fonte: Rüginitz; Chacó; Porro (2009).

2.4 Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)

A Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, instituiu o sistema nacional de unidades de conservação (SNUC) que estabelece os critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. Nela, as unidades de conservação estão definidas como um espaço territorial e seus recursos ambientais sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000).

Dentre as categorias de unidades de conservação criadas pelo SNUC está a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). É uma categoria de unidade de conservação de uso sustentável, em que a exploração e o aproveitamento econômico direto são permitidos, mas de forma planejada e regulamentada. Outro benefício econômico dessa unidade de conservação é a isenção do imposto territorial rural (ITR). Nessa categoria de unidade de conservação são lícitas a pesquisa científica e a visitação com objetivos turísticos, recreativos e educacionais (BRASIL, 2000). Acredita-se que o legislador ambiental ao estabelecer incentivos econômicos aos proprietários rurais quiz motivar aqueles que desejem ter em suas propriedades uma reserva particular para conservar a diversidade biológica e manter os serviços ambientais. A lógica da isenção de impostos fica ainda mais clara quando se soma a outros subsídios como o acesso ao crédito bancário e o pagamento por serviços ambientais como promotores do engajamento às condutas ambientalmente sustentáveis.

De acordo com Mendonça (2004), a categoria de Unidade de Conservação conhecida como Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) incentivada pela Legislação Brasileira tem um aspecto diferente das outras formas de Unidade de Conservação, pois mesmo que reconhecida pelo órgão responsável pela gestão das Unidades, a área continua pertencente ao seu proprietário e eles se tornam diretamente responsáveis para manter a área para sempre protegida já que a obrigação é permanente e totalmente transferível aos herdeiros e possíveis compradores da área sob condição de pena.

Dos tipos de Unidades de Conservação Particulares no Brasil, RPPN se instituem como a principal, sendo a única área de conservação de modalidade privada ou particular na qual existe uma legislação específica, onde nos últimos anos, a criação de reservas particulares aumentou, por iniciativas que não partiram diretamente ou indiretamente do governo e sim, por iniciativas individuais (MENDONÇA, 2004).

A primeira vez que se instituíram reservas com esse caráter, ou seja, a iniciativa de instituição da área não nasce do governo, mas sim da livre e espontânea vontade do próprio proprietário. Dessa forma, essas reservas diferem das outras modalidades de reserva de conservação onde o Estado decide pela criação da reserva em terras que podem ser públicas ou privadas. Essas são, portanto, as únicas reservas verdadeiramente privadas, pois são estabelecidas por um proprietário particular em terras que também têm essa característica (MENDONÇA, 2004, p. 168).

Acontece que pelo fato de as RPPN's serem criadas a partir do incentivo voluntário, como já dito, isso gera diversos inoportunos citados por Melo (2004) como a: pressão de caça, falta de recursos financeiros e ausência de plano de manejo. RPPN é um importante instrumento de conservação para a manutenção do provimento de serviços ambientais, sendo necessário serem pensadas e colocadas políticas públicas de reconhecimento econômico dessas unidades para que os objetivos nas quais foram criadas sejam alcançados (Melo, 2004).

Se torna importante confirmar e conferir o potencial na gestão de efetividade dessas reservas por parte do governo, como também o incentivo na criação de novas RPPN's, onde por serem reservas particulares, se torna importante aplicação de programas de pagamento por serviços ambientais, assim os proprietários dessas áreas são reconhecidos financeiramente por protegerem áreas importantes para a conservação da biodiversidade e do desempenho de serviços ambientais e também se sentem motivados a continuarem preservando suas áreas incentivando outros proprietários a tornarem suas áreas RPPN (Melo, 2004).

2.4.1 RPPN Fazenda Não – Me – Deixes

De acordo com a Associação dos Proprietários de RPPN do Estado do Ceará (2012), a reserva foi criada pela Rachel de Queiroz com o intuito de conservar a exuberante vegetação da caatinga que possui na propriedade e para preservar as várias espécies de animais que ali habitam e como já dito, RPPN como um grande instrumento a favor da conservação da biodiversidade e caráter perpétuo, todos os fatores que levaram a proprietária a criar a RPPN teriam sua existência assegurados.

A RPPN Não Me Deixes foi criada pela Portaria do IBAMA Nº 37-N de 16 de abril de 1999, no intuito de conservar a biodiversidade da Caatinga e garantir a continuação da preservação de uma era significativa da Fazenda Não Me Deixes, pois na época da criação até o período atual, apresenta boas condições de conservação de sua vegetação sendo usada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) para a soltura de aves nativas apreendidos. Irregular (ASA BRANCA, 2012).

A seguir um comentário feito pela escritora Rachel de Queiroz em relação às solturas de aves na Fazenda Não Me Deixes:

(...) Tive a honra e a glória de receber na fazenda uma delegação do IBAMA que vinha com dois carros carregados de pássaros em gaiolas, para os soltar nos ares livres do Não Me Deixes. Acho que mereci essa honraria, pois sempre foi preocupação minha, desde menina, soltar passarinho. Verdade que é meio arriscado: os donos dos

passarinhos são capazes de tudo contra alguém que libere as suas presas. Mas a alegria de ver voando um pássaro, antes confinado a uma gaiola, paga todos os riscos de represálias. (...) **Rachel de Queiroz em O Estado de S. Paulo, 30 set. 2000.**

Logo, a área da RPPN Não Me Deixes, como um remanescente da biodiversidade do bioma caatinga, se torna importante entender sobre a biodiversidade preservada dentro de seu território onde se torna possível pela exploração científica de pesquisadores de instituições de ensino e ONG's para levantamentos de dados sobre fauna e flora da região pois não existe uma rotina de monitoramento na reserva, sendo feito esporadicamente por moradores e por órgãos ambientais federais (ASA BRANCA, 2012).

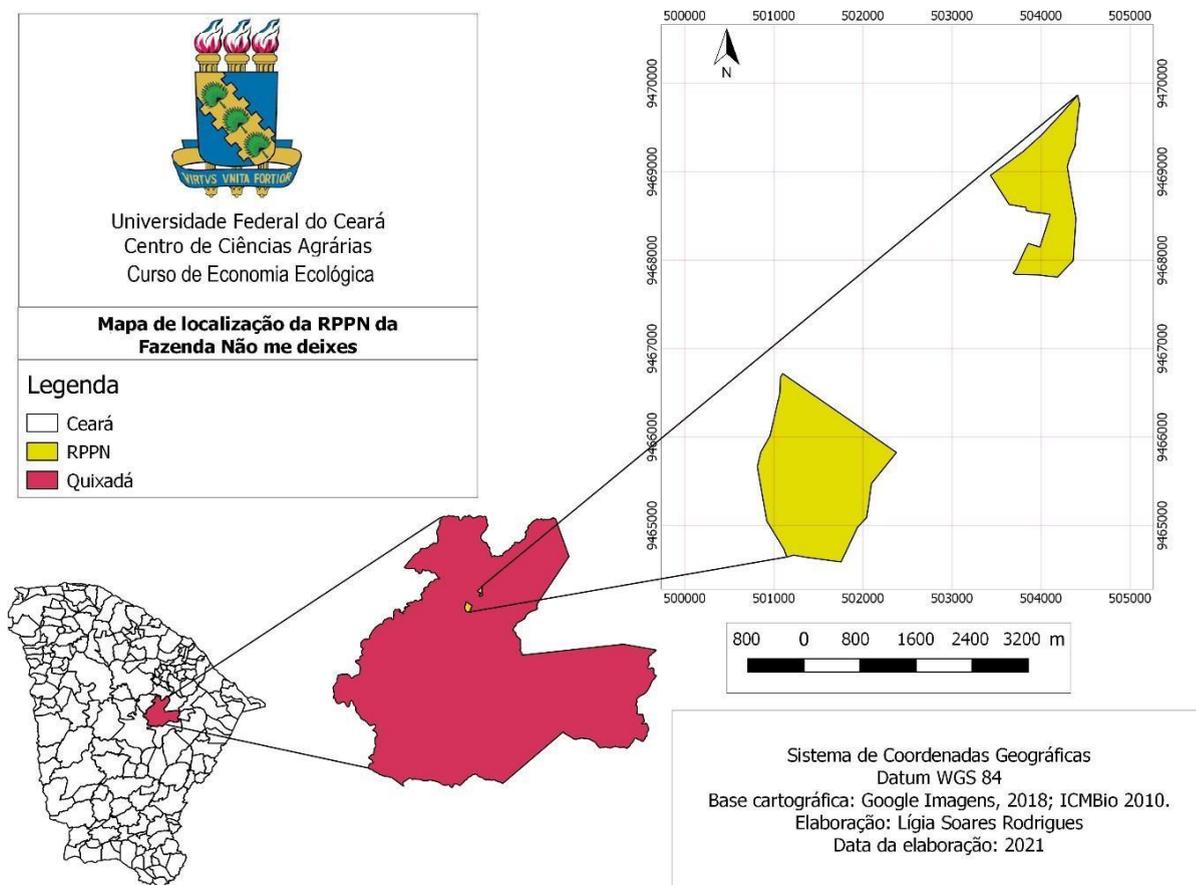
3 METODOLOGIA

3.1 Descrição da área de estudo

A área de estudo está localizada na Fazenda “Não Me Deixes”, no município de Quixadá, Mesorregião dos Sertões Cearenses. A fazenda possui área total de 928 ha, onde é praticada agricultura de baixo insumo em pequenas glebas de terra isoladas. No ano de 1999, 300 ha da fazenda foram transformados em Unidade de Conservação, na categoria de Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN (4°49'34" S, 38°58'9" W e altitude de 210 m) pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. É um remanescente ainda preservado do Bioma Caatinga, bioma este que corresponde a aproximadamente 11% do território brasileiro (ASA BRANCA, 2012, p. 24) (Figura 4).

A RPPN Não Me Deixes apresenta boas condições de conservação, e propicia um ambiente para refúgio de muitas espécies normalmente encontradas no Bioma Caatinga e pode ser considerada de relevante interesse sociocultural e ambiental por conta das ações que serão desenvolvidas pelos seus proprietários e principalmente pelo grau de conservação da vegetação presente na Reserva (ASA BRANCA, 2012, p.24)

Figura 4 – Localização da RPPN Fazenda Não Me Deixes, Quixadá - CE



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

O clima do município de Quixadá é classificado como Tropical Quente Semiárido com inverno seco e verão chuvoso - BSh de Köppen-Geiger, com pluviosidade média anual de 731 mm, concentrada nos meses de janeiro a junho, onde essa intensificação das chuvas neste período é causada pela influência da ZCIT – Zona de Convergência Intertropical (FUNCEME, 2015). A temperatura anual média é de 28,2 °C, a média das máximas é 33,4 °C e a média das mínimas é 22,9 °C (INMET, 2015). A insolação anual é de 3.143,8 h, com a menor registrada em março (216,5 h/mês) e a maior em outubro (368,1h/mês) (EMBRAPA, 2004).

A geologia da região onde está localizada a RPPN Não Me Deixes apresenta três feições litológicas distintas, sendo uma sedimentar e duas ígneas (BRASIL, 2003), onde:

- NQc (Coberturas colúvio-eluviais (c)) – Ambiente sedimentar: Sedimentos argilo - arenosos e areno - argilosos, de tons alaranjado, avermelhado e amarelado; apresentam-se, em certos locais, cascalhosos e laterizados na base (geralmente, o cimento é argiloso e ferruginoso) /fluvial.
- PPad (Paleoproterozóico) - Unidade algodões: associação de paragnaisses. Ortognaisses, metabasaltos/anfibolitos, metaultramáficas e formações ferríferas.
- PPcc (Unidade Canindé): constituída de Paragnaisses em níveis distintos de metamorfismo - migmatização, incluindo ortognaisses ácidos e rochas metabásicas: metagabros, anfibolitos com ou sem granada, e gnaisses dioríticos, associados ou não a enderbitos; formações ferríferas e ferro - manganésíferas, além de metaultramáficas; granulitos máficos, enderbitos e leptinitos; anfibólito gnaisses e/ou anfibolitos; PP(NP)cc - tratos onde são comuns os jazimentos estratóides e diquiformes de granitóides neoproterozóicos, cinzentos e rosados, gnaissificados ou não e, em parte, facoidais.

De acordo com a EMBRAPA (2006), na área prevalecem os solos podzólico vermelho-amarelo eutrófico e bruno não cálcico pertencem à ordem dos Luvisolos, subordem Crônico e os regossolos a ordem dos Neossolos, subordem Regolítico.

Em relação a hidrografia, a região onde está localizada a RPPN é caracterizado por uma drenagem exorréica dotada de rios intermitentes sazonais. No tocante às águas subterrâneas, devido às características de impermeabilidade das rochas cristalinas, ocorre um favorecendo do escoamento superficial, ficando as águas subterrâneas restritas à ocorrência de áreas diaclasadas ou fraturadas. É notório nesta região o caráter temporário da drenagem, com tendência natural para o regime de rios efêmeros ou esporádicos, alimentados por chuvas torrenciais ocorridas no período chuvoso (ASA BRANCA, 2012).

A cobertura florestal é representada por vegetação de Caatinga, com uma grande variedade de espécies exóticas, invasoras, arbustivas, frutíferas e florais (ASA BRANCA, 2012).

3.2 Coleta de dados

Foi utilizado o levantamento fitossociológico feito para a realização do plano de manejo da RPPN no ano de 2012 elaborado pela Associação dos Proprietários de RPPN do Ceará (ASA BRANCA).

Para o levantamento fitossociológico, 26 parcelas amostrais foram plotadas de forma aleatória na planta topográfica da fazenda e posteriormente marcadas em campo. Cada parcela

com área de 200 m², e dimensões de 10 x 20 metros, foi delimitada por um cordão de juta amarrado em estacas de madeira fixadas em seus cantos.

Em cada parcela, foram medidos os indivíduos vivos, ou mortos mais ainda em pé, com diâmetro a altura peito (DAP) \geq a 2 cm e altura total \geq a 1 m (RODAL; SAMPAIO; FIGUEIREDO, 2013). Não foram incluídos indivíduos pertencentes as famílias Aracaceae, Cactaceae, Bromeliaceae, e nem lianas, cipós e trepadeiras. Para a medida do DAP até 24 cm foi utilizado paquímetro e para os diâmetros do caule acima de 24 cm foi utilizada a fita métrica (nesses casos a circunferência obtida foi dividida por π para se obter o DAP). A altura das árvores foi medida com fita métrica aderida a três tubulações de PVC, que conectadas somam 9 m. Para os indivíduos perfilhados, foram medidos cada perfilho que obedeceu aos critérios de inclusão e cada um foi registrado como se fosse um indivíduo.

As análises da composição florística, diversidade e estrutura horizontal foram realizadas com o auxílio do *software* Fitopac 2.1. Através desse programa se pode analisar os seguintes dados fitossociológicos: números de indivíduos, densidade absoluta, densidade relativa, frequência absoluta, frequência relativa, dominância absoluta, dominância relativa, Índice de Valor de Cobertura (IVC), Índice de Valor de Importância (IVI) e os índices de diversidade de Shannon (H') e de equitabilidade (J) de acordo com MUELLER-DOMBOIS e ELLENBERG (1974) e MAGURRAN (1988).

3.3 Estoques de biomassa e de carbono

Para estimativa do estoque de biomassa e de carbono, do total de indivíduos amostrados no levantamento fitossociológico, foram escolhidos indivíduos das primeiras quinze espécies que apresentaram maior valor de índice de importância.

Para estimar a AGB foi utilizada a equação alométrica utilizada para espécies da Caatinga proposta por Sampaio e Silva (2005). Essa equação foi escolhida porque utiliza espécies regionais e por não utilizar a densidade da madeira, que é uma variável difícil de se obter, para estimar a biomassa.

As estimativas do carbono fixado na biomassa arbórea foram obtidas por meio da multiplicação da biomassa quantificada pelo fator 0,5 (equação 1).

$$EC = 0,5 * AGB \qquad \text{equação 1}$$

Em que:

EC = estoque de carbono, em t.ha⁻¹;

AGB = biomassa acima do solo, em t.ha⁻¹; e

0,5 = fator de conversão de biomassa para carbono.

4 RESULTADOS

4.1 Estrato arbóreo

4.1.1 Composição florística

Para análise de dados florísticos, foi utilizado o levantamento fitossociológico feito no ano de 2012 pela Associação dos proprietários de RPPN do estado do Ceará juntamente com a colaboração de pesquisadores da UFC, UECE e UVA contando com o apoio da Aliança Caatinga, Associação Caatinga e com a Confederação Nacional de RPPN para a elaboração do plano de manejo da RPPN Fazenda Não Me Deixes.

Foi amostrado, na área de Reserva Particular de Patrimônio Natural da Fazenda Não - Me - Deixes, um total de 2311 indivíduos nas vinte e seis parcelas de 200m². Na Tabela 1 encontra-se a lista das espécies florestais encontradas na propriedade rural estudada.

Tabela 1 - Listagem das espécies amostradas durante o inventário florestal realizado na RPPN Fazenda Não – Me – Deixes, Quixadá – CE.

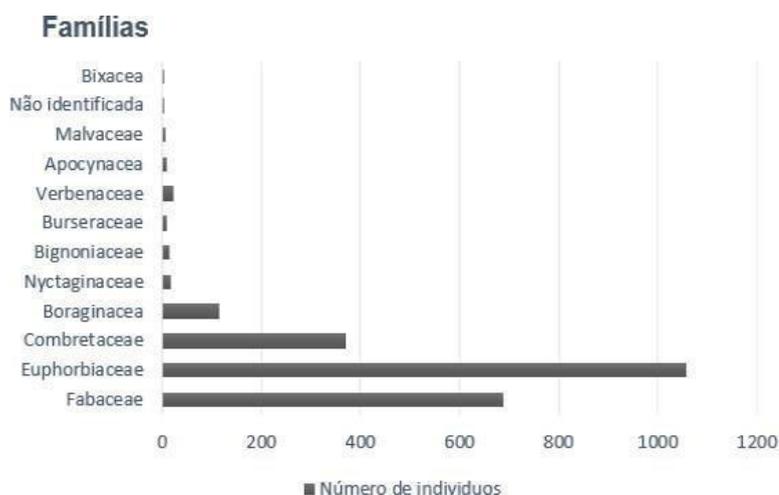
Nome científico	Família
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Fabaceae
<i>Poincianella bracteosa</i> (TUL.) L.P.Queiroz	Fabaceae
<i>Mimosa sensitiva</i> var. <i>sensitiva</i> L.	Fabaceae
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	Combretaceae
<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	Combretaceae
<i>Cordia glazioviana</i> (Taub.) Gottschling & J.S.Mill.	Boraginaceae
<i>Piptadenia stipulaceae</i> (Benth.) Ducke	Fabaceae
<i>Croton argyrophyllodes</i> Müll. Arg.	Euphorbiaceae
<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R.W. Jobson	Fabaceae
<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex J.A. Schmidt) Lundell	Nyctaginaceae
<i>Senna splendida</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	Fabaceae
<i>Cordia oncocalyx</i> Allemão	Boraginaceae
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl	Bignoniaceae
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	Fabaceae
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett	Burseraceae

<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Ball.	Euphorbiaceae
<i>Lantana camara</i> L.	Verbenaceae
<i>Acacia glomerosa</i> Benth	Fabaceae
<i>Manihot carthaginensis</i> subsp. <i>Glaziovii</i> (Müll.Arg.)Allem	Euphorbiaceae
<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart.	Apocynaceae
<i>Dalbergia cearensis</i> Ducke	Fabaceae
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Fabaceae
<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	Fabaceae
<i>Pseudobombax marginatum</i> (A. St.-Hil.) A. Robyns	Malvaceae
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Euphorbiaceae
<i>Malpighia emarginata</i> DC	Malvaceae
<i>Parapiptadenia zehntneri</i> (Harms) M. P. Lima & H.C. Lima	Fabaceae
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell) Arráb. Ex Steud.	Boraginaceae
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Bixaceae
<i>Piptadenia viridiflora</i> (Kunth) Benth.	Fabaceae

Fonte: Associação dos Proprietários de RPPN do estado do Ceará (2012) & Elaborado (a) pelo o autora (2021).

As famílias mais representativas foram Euphorbiaceae (45,7%), Fabaceae (29,7%), Combretaceae (16%), Boraginaceae (4,9%), que podem ser visualizadas na Figura 5.

Figura 5 – Famílias mais representativas para a florística na Reserva Particular do Patrimônio Natural amostrada na Fazenda Não – Me – Deixes, Quixadá – CE.



Fonte: Associação dos Proprietários de RPPN do estado do Ceará (2012) & Elaborado (a) pela autora (2021).

Segundo o Inventário Florestal Nacional (2016), os principais resultados referentes ao Ceará, indicam que 6 das 12 famílias amostradas no levantamento fitossociológico da RPPN fazem parte do grupo de famílias botânica mais abundantes no estado sendo elas: Fabaceae, Euphorbiaceae, Boraginaceae, Apocynaceae, Combretaceae e Burseraceae. Já dentre as 31 espécies encontradas na RPPN, 6 espécies estão entre o grupo de espécies mais abundantes em áreas de floresta amostradas no Ceará, sendo elas: *Croton floribundus* (Marmeleiro), *Mi-*

mosa tenuiflora (Jurema – preta), *Cenostigma bracteosum* (Catingueira), *Cordia oncocalyx* (Pau – branco), *Combretum leprosum* (Mofumbo) e *Aspidosperma pyriforme* (Pereiro) (MMA, 2016).

O *croton floribundus* e a *mimosa tenuiflora*, são respectivamente, a espécie mais abundante no estado e a espécie mais frequente no Ceará, sendo registrada em mais da metade do total de conglomerados (Áreas de preservação dentro do estado), o que indica sua ampla distribuição no território do estado (MMA, 2016).

Em relação a RPPN, da família Bignoniaceae apenas tem-se a espécie arbórea *Tabebuia impetiginosa* e entre as boragináceas o destaque foram as espécies arbóreas de grande porte representadas pela *cordia glazioviana*, *cordia oncocalyx*, *cordia trichotoma* e *combretum glaucocarpum*, tais espécies, embora frequentes em áreas de caatinga, não costumam ser encontradas com tanta abundância em uma mesma área, além do que as duas primeiras tem distribuição restrita, sendo a *cordia oncocalyx* endêmica da caatinga. Pela presença de espécies típicas tais como: *poincianella bracteosa*, *lidibidia ferrea*, *amburana cearensis*, *comiphora leptophloeos* entre outras, conclue-se que além da fisionomia característica observada, pode-se considerar a área composta por caatinga arbórea a arbustiva dependendo da área observada dentro da RPPN (ASA BRANCA, 2012).

4.1.2 Índices de diversidade

“Além da composição florística, as análises incluíram estimativas de índices de diversidade de espécies que podem ser valorados economicamente, conforme a riqueza de espécies encontradas” (VILAR, 2009, p. 18).

Os valores calculados para os índices Shannon-Weaver (H'), para a propriedade, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Índice de diversidade florística amostrada na Reserva Particular do Patrimônio Natural amostradas na Fazenda Não – Me – Deixes, Quixadá – CE.

Índice de Diversidade	Propriedade
Shannon-Weaver (H')	1,96

O valor para o índice Shannon – Weaver (H') apresentado, demonstra baixa densidade dos indivíduos por hectare e indica processo de regeneração natural lento, o que é comum em ambientes semiáridos, pois segundo YADAVAND; GUPTA (2009), os requisitos necessários para a regeneração natural de espécies arbóreas são a produção de sementes, do estabelecimento das plântulas, da sobrevivência das mudas e do recrutamento. A regeneração natural nos ambientes semiáridos depende principalmente da precipitação, da dispersão das sementes, da existência de um banco de sementes viáveis no solo e da rebrota de tocos e raízes (JUNIOR, et al., 2013).

“Os índices de diversidade auxiliam na caracterização de comunidades vegetais, oferecendo boas indicações da diversidade específica, e servem para comparar florestas em locais distintos” (VILAR, 2009, p.19).

4.1.3 Estrutura horizontal

Analisando a estrutura horizontal (Tabela 3) da floresta amostrada na área de RPPN percebe-se que dentre as 31 espécies arbóreas encontradas *Croton floribundus*, *Mimosa sensitiva* e *Cenostigma bracteosum* foram as que apresentaram maiores valores de importância, contribuindo com 48,6% da dominância (DoR), 63,5% da densidade (DR) e 28,6% da frequência (FR).

4.1.4 Estrutura paramétrica

Na Tabela 4 encontra-se o resumo dos resultados das estimativas da estrutura paramétrica das 26 parcelas de 200 m² lançadas na área de RPPN da Fazenda Não – Me – Deixes em Quixadá – CE.

Tabela 3 – Parâmetros da estrutura horizontal das espécies arbóreas amostradas na RPPN Fazenda Não – Me – Deixes, Quixadá – CE

Nome científico	Ni	DAi	DRi	FAi	Fri	DoAi	DoRi	IVC (%)	IVI (%)
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	949	1318,1	41,06	100	9,68	5,29	19,67	60,74	70,43
<i>Poincianella bracteosa</i> (TUL.) L.P. Queiroz	220	305,6	9,52	97,22	9,41	5,93	22,06	31,58	40,1
<i>Mimosa sensitiva</i> var. <i>sensitiva</i> L.	299	415,3	12,94	94,44	9,14	1,85	6,88	19,82	28,96
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	229	318,1	9,91	88,89	8,6	2,65	9,88	19,79	28,39
<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	141	195,8	6,1	75	7,26	2,7	10,06	16,16	23,43
<i>Cordia glazioviana</i> (Taub.) Gottschling & J.S.Mill.	82	113,9	3,55	69,44	6,72	1,95	7,27	10,81	17,54
<i>Piptadenia stipulaceae</i> (Benth) Ducke	79	109,7	3,42	63,89	6,18	0,46	1,71	5,13	11,32
<i>Croton argyrophylloides</i> Müll. Arg.	80	111,1	3,46	55,56	5,38	0,41	1,51	4,97	10,36
<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R.W. Jobson	22	30,6	0,95	36,11	3,49	1,47	5,46	6,41	9,92
<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. Ex J.A.Schmidt) Lundell	17	23,6	0,74	33,33	3,23	0,89	3,32	4,06	7,29
<i>Senna splendida</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	24	33,3	1,04	44,44	4,3	0,05	0,2	1,24	5,54
<i>Cordia oncocalyx</i> Allemão	32	44,4	1,38	30,56	2,96	0,32	1,17	2,56	5,52
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl	15	20,8	0,65	30,56	2,96	0,46	1,73	2,38	5,33
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	10	13,9	0,43	19,44	1,88	0,68	2,52	2,96	4,84
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett	9	12,5	0,39	22,22	2,15	0,4	1,51	1,9	4,05
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Ball.	16	22,2	0,69	22,22	2,15	0,08	0,29	0,99	3,15
<i>Lantana camara</i> L.	22	30,6	0,95	16,67	1,61	0,05	0,18	1,13	2,74
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	5	6,9	0,22	11,11	1,08	0,33	1,23	1,44	2,52
<i>Acacia glomerosa</i> Benth	8	11,1	0,35	13,89	1,34	0,22	0,8	1,15	2,49
<i>Manihot carthaginensis</i> subsp. <i>Glaziovii</i> (Müll.Arg.)Allem	9	12,5	0,39	13,89	1,34	0,2	0,76	1,15	2,49
<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart.	9	12,5	0,39	13,89	1,34	0,07	0,26	0,65	1,99
<i>Dalbergia cearensis</i> Ducke	7	9,7	0,3	11,11	1,08	0,15	0,57	0,87	1,95
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell) Brenan	5	6,9	0,22	13,89	1,34	0,1	0,36	0,58	1,92
<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz	5	6,9	0,22	13,89	1,34	0,01	0,05	0,27	1,61
<i>Pseudobombax marginatum</i> (A. St.-Hil.) A. Robyns	5	6,9	0,22	11,11	1,08	0,06	0,23	0,45	1,52

<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	4	5,6	0,17	11,11	1,08	0,02	0,08	0,26	1,33
<i>Malphigia emarginata</i> DC	3	4,2	0,13	5,56	0,54	0,02	0,07	0,2	0,74
<i>Parapiptadenia zehntneri</i> (Harms) M. P. Lima & H.C. Lima	2	2,8	0,09	5,56	0,54	0,03	0,11	0,19	0,73
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell) Arráb. Ex Steud.	1	1,4	0,04	2,78	0,27	0	0,03	0,07	0,34
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	1	1,4	0,04	2,78	0,27	0	0,01	0,06	0,33
<i>Piptadenia viridiflora</i> (Kunth) Benth.	1	1,4	0,04	2,78	0,27	0	0,01	0,05	0,32
Total	2311	3209,7	100,00	1019,45	100,00	26,85	100,00	100	100

em que Ni = número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie; DAi = densidade absoluta da i-ésima espécie (ni/ha); DRi (%) = densidade relativa da i-ésima espécie; FAi = frequência absoluta da i-ésima espécie; FRi (%) = frequência relativa da i-ésima espécie; DoAi = dominância absoluta da i-ésima espécie, em m².ha⁻¹; DoRi (%) = dominância relativa da i-ésima espécie; VC (%) = índice de valor de cobertura em porcentagem; e VI (%) = índice de valor de importância em porcentagem.

Tabela 4 – Estrutura paramétrica das florestas estimadas colocando a relação entre o número de amostras com o número de indivíduos na RPPN Fazenda Não Me Deixes, Quixadá – CE

Parcela	N	B	V
76	78	0,3	2,96
143	60	0,34	3,08
128	75	0,25	2,04
72	52	0,38	2,79
53	55	0,17	1,48
87	79	0,34	4,71
54	75	0,35	3,49
47	59	0,36	3,81
50	53	0,44	5,66
111	41	0,28	4,21
8	81	0,3	2,69
127	71	0,46	4,88
138	61	0,32	3,98
115	63	0,43	5,45
81	50	0,38	4,42
193	64	0,3	4,23
88	71	0,51	7,42
52	67	0,31	4,07
Parcela 1	36	1,6	15,86
17	60	1,32	10,88
Area 5	58	1,79	18,2
Area 38	69	3,43	41
135	30	1,48	13,9
35	89	0,28	3,29
84	44	0,13	1,09
171	84	0,3	3,84
123	79	0,29	3,26
91	54	0,26	4,06
112	48	0,19	1,97
183	79	0,38	4,7
181	81	0,3	3,29
42	73	0,22	2,14
14	72	0,19	2,09
21	67	0,19	1,96
45	50	0,41	4,43
171 b	83	0,36	4,38
Total	2311	18,9	211,71
Média	64,19444	0,54	5,880833
Desvio - Padrão	14,56771	0,646576	7,149952

em que N = número de indivíduos amostrados; B = área basal, em m²; e V = volume total, em m³.

A dominância absoluta dos indivíduos amostrados foi de 26.85 m².ha⁻¹, valor relativamente distante do valor encontrado por Campos (2018) que estudou a variabilidade temporal da biomassa florestal em fragmento de caatinga, onde nos anos de 2009, 2010, 2014 e 2016 constatou os seguintes valores para dominância absoluta respectivamente 30,3 m².ha⁻¹, 35,5 m².ha⁻¹, 41,7 m².ha⁻¹ e 32,4 m².ha⁻¹, notando-se uma discrepância do ano de 2016 para 2021 e isso pode estar associado ao baixo nível de pluviosidade ao longo dos anos.

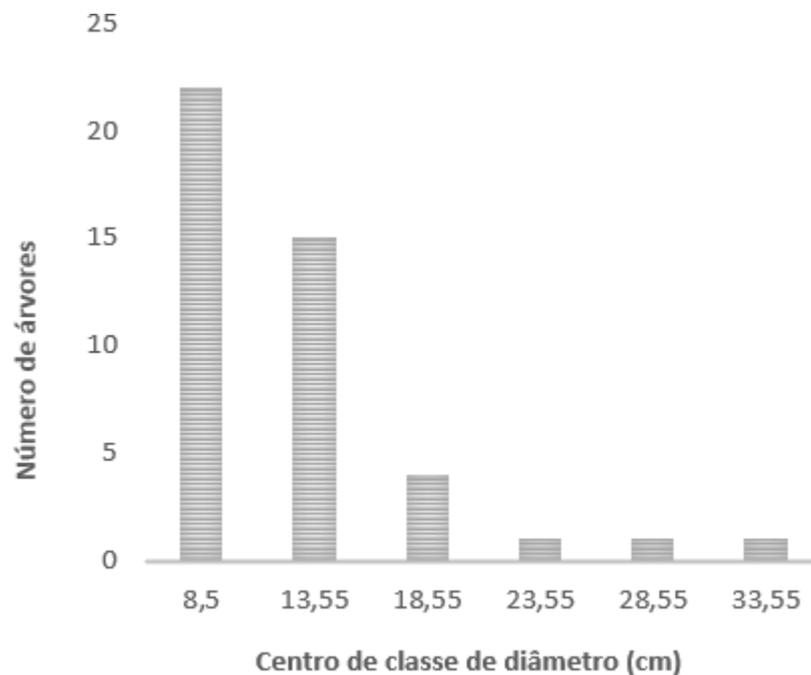
4.1 Estoques de biomassa e de carbono

Dentre os 2311 indivíduos amostrados, apenas 44 indivíduos das quinze primeiras espécies que apresentaram maior valor de índice de importância foram escolhidos para estimar o estoque de carbono e biomassa. As espécies com maior índice de valor de importância (IVI) foram: *croton floribundus*, *poincianella bracteosa*, *combretum leprosum*, *cordia glazioviana*, *piptadenia stipulaceae*, *aspidosperma pyriformium*, *amburana cearensis*, *guapira graciliflora*, *commiphora leptophloeos*, *anadenanthera colubrina* e *Dalbergia cearensis*, sendo estimados quatro indivíduos de cada espécie. Outro fator importante para a escolha também foi a disponibilidade de encontrar as espécies, pois o levantamento fitossociológico e as medições para estimação de estoque de biomassa e carbono não foram feitos no mesmo dia, por isso houve uma extrapolação para as quinze primeiras espécies com maior IVI para não fugir do objetivo.

De acordo com Vilar (2009), normalmente, as espécies que apresentam maior número de IVI são as que mais contribuem para o valor total de biomassa. Porém, é importante notar também outro indicador de potencialidade de fixação de biomassa, a densidade. Segundo Carneiro *et al.*, 2014, é um importante índice de fixação de biomassa pois quanto maior a densidade de madeira, maior vai ser a biomassa estocada por metro cúbico de madeira. Coincidentemente, as espécies que apresentam alta densidade normalmente possuem um alto valor de índice de importância se tornando fatores importantes na escolha dos indivíduos para a estimação de biomassa e de carbono (Santos *et al.*, 2016).

Houve o estabelecimento de seis classes de diâmetro a partir do DAP obtido dos indivíduos estimados (Figura 6).

Figura 6 – Centro de classe de diâmetro das espécies escolhidas para estimativa de biomassa e carbono na RPPN Fazenda Não Me Deixes, Quixadá - CE



Fonte: Elaborado (a) pela autora (2021).

Para cálculo da biomassa acima do solo nos 0,72 ha referente ao levantamento fitossociológico da área da RPPN Fazenda Não Me Deixes foi utilizada a equação $AGB = 0,173 * (D)^{2,295}$, com isso chegou ao resultado de 92,41 t de biomassa. Esse valor foi transformado para 1 ha e foi obtido a quantia de 128,34t/ha de biomassa acima do solo para a área de estudo. Para os 300 hectares da UC, a quantia estimada foi de 38.502,00 toneladas de biomassa acima do solo, enquanto a estimativa para o Carbono é de 19.251,00 t - C ha⁻¹.

Com esse resultado, a estimativa para biomassa e carbono foi relevante em relação a florestas de outros biomas do Brasil, pois de acordo com *Morais et al.*, (2017) que realizou um estudo de comparação de sequestro de carbono e quantificação da biomassa entre o bioma Caatinga e alguns outros biomas como a Mata Atlântica, identificou que em uma área de floresta preservada do bioma Mata Atlântica estimou 30 t biomassa acima do solo (*Tanizaki-Fonseca*, 2000). Quando levado em consideração as condições divergentes a que são expostos, como o clima, a conclusão seria que o fragmento florestal do bioma da mata atlântica apresentaria uma estimativa maior para biomassa e carbono por conta de a Caatinga ser um bioma muito subestimado devido suas características, porém o apresentado é totalmente diferente. *Ribeiro et al.*, (2011) e *Santos et al.*, (2002) estimaram respectivamente para biomassa no Cerrado 62 t e

13 t em áreas de florestas preservadas. Em relação a carbono, Ribeiro et al. (2010) encontraram um estoque de 20 t ha⁻¹ em uma capoeira de Floresta Estacional Semidecídua.

Se torna importante fazer esses estudos para comprovar que a Caatinga atuou como sumidouro de CO₂, mesmo sofrendo com períodos de seca extrema e interferências humanas, se torna um importante aliado na realização desse serviço ecossistêmico.

5 CONCLUSÃO

Os estoques médios de biomassa e de carbono encontrados na Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Não Me Deixes foram de 38.502,00 toneladas de biomassa acima do solo, enquanto a estimativa de carbono foi de 19.251,00 t – C ha⁻¹. Isto indica que a RPPN, além da biodiversidade da Caatinga apresentada, promove o serviço ambiental de sequestro e estocagem de carbono com grande intensidade, beneficiando a sociedade como um todo.

A Reserva Particular do Patrimônio Natural estudada possui a capacidade de sequestrar e estocar carbono da atmosfera, assim contribuem para minimização do aquecimento global, pois como já dito, a estocagem de carbono funciona como medida mitigatória. Os moradores da fazenda junto com o proprietário rural, dono da RPPN visitada, são responsáveis pela proteção da RPPN, onde são prestados serviços ecossistêmicos importantes, caso seja solicitado, poderão ser contabilizados e monitorados para o pagamento por serviços ambientais.

Os dados florísticos indicaram que a área da RPPN deve ser valorizada, visto que apresentam grande diversidade de espécies arbóreas, dentre as quais se destacaram *Croto Floribundus*, *Mimosa Tenuiflora*, *Cenostigma bracteosum*, *Cordia oncocalyx*, *Combretum leprosum*, *Aspidosperma pyrifolium*, espécies que de acordo com o Inventário Nacional, são espécies importantes para a Caatinga cearense.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO DOS PROPRIETÁRIOS DE RPPN DO CEARÁ (ASA BRANCA) (org.). **Plano de Manejo Reserva Particular do Patrimônio Natural Não Me Deixes**: portaria nº 37-n de 16 de abril de 1999, Ibama. Quixadá, 2012. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/rppn_ao_me_deixes_pm.pdf. Acesso em: 27 jan. 2021.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de vegetação rodoviária**. - Rio de Janeiro, 2009. 2v. (IPR. Publ., 734). Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/734_manual_de_vegetacao_rodoviariavolume_2. Acesso em: 01 fev. 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. **Unidades de conservação por bioma**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <www.mma.gov.br/cadastro_uc>. Acesso em: 16 nov. 2020.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. CPRM. Superintendência Regional de Fortaleza. **Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará**. Fortaleza: CPRM, CD-ROM. 2003.

BRASIL. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: **Lei n.º 9.985**, de 18 de julho de 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em: 17 nov. 2020.

CAMPANHA, Mônica Matoso *et al.* Serviços ecossistêmicos: histórico e evolução. In: FERRAZ, Rodrigo Peçanha Demonte *et al.* **Marco Referencial em Serviços Ecossistêmicos**. Brasília: Embrapa Solos, 2019. Cap. 2. p. 38-54. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/337569360>. Acesso em: 10 abr. 2021

CAMPOS, Diego Antunes. **Variabilidade Temporal da Biomassa Florestal em fragmento de Caatinga em Regeneração a 40 anos**. 2018. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/36687/1/2016_tcc_dacampos. Acesso em: 02 fev. 2021.

CARVALHO, João Luis Nunes *et al.* Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 277-290, abr. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832010000200001>. Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000200001&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 25 jan. 2021.

Ceará: **inventário florestal nacional: principais resultados** / Ministério do Meio Ambiente. Serviço Florestal Brasileiro. -- Brasília: MMA, 2016. Disponível em: <https://www.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/inventario-florestal-nacional-ifn/resultados-ifn/2195-principais-resultados-ifn-ce/file>. Acesso em: 03 fev. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisade Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/93143/1/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2020

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo da Banana para o Estado do Amazonas**. 2004. Disponível em:
po.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=8901&p_r_p_-996514994_topicoId=10202#:~:text=A%20bananicultura%20representa%20uma%20importante,alimentar%20para%20as%20populações%20locais.. Acesso em: 26 fev. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisade Agroindústria Tropical. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Dados climatológicos: Estação de Quixadá, 2003. Fortaleza: Embrapa, Documentos 88. 2004.
 Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/425192/dados-climatologicos-estacao-de-quixada-2002>. Acesso em: 17 nov. 2020.

ENGEL, S.; PAGIOLA, S.; WUNDER, S. Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. **Ecological Economics**, v. 65, p. 663-674, 2008. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800908001420>. Acesso em: 21 fev. 2021

FAJARDO, Ana Milena Plata; TIMOFEICZYK JUNIOR, Romano. Avaliação Financeira do Sequestro de Carbono na Serra de Baturité, Brasil, 2012. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.22, n. 3, p. 391-399, set. 2015. FapUNIFESP (SciELO).
<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.061413>. Disponível em:
https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872015000300391&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 06 jan. 2021.

FEARNSIDE, Philip M. QUANTIFICAÇÃO DO SERVIÇO AMBIENTAL DO CARBONO NAS FLORESTAS AMAZÔNICAS BRASILEIRAS. **Oecologia Australis**, [S.L.], v. 12, n. 04, p. 743-756, dez. 2008. Oecologia Australis.
<http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2008.1204.12>. Disponível em:
 Repositorio.inpa.gov.br. Acesso em: 19 fev. 2021.

FEITOSA, Ramon Costa. **Estoque de carbono em floresta tropical sazonalmente seca no Nordeste do Brasil**: uma comparação entre dois usos do solo. 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: repositorio.ufc.br/handle/riufc/28686. Acesso em: 01 jan. 2021.

GRIEG-GRAN, Maryanne *et al.* How can market mechanisms for forest environmental services help the poor? Preliminary lessons from Latin America.

World Development, [S.L.], v. 33, n. 9, p. 1511-1527, set. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2005.05.002>. Disponível em: How can market mechanisms for forest environmental services help the poor? Preliminary lessons from Latin America. Acesso em: 19 jan. 2021.

GROOT, Rudolf s de *et al.* A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, [S.L.], v. 41, n. 3, p. 393-408, jun. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0921-8009\(02\)00089-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0921-8009(02)00089-7). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800902000897>. Acesso em: 10 abr. 2021.

GROOT, R. S. de *et al.*. A short history of the ecosystem services concept. In: BURKHARD, B.; MAES, J. (Ed.). **Mapping ecosystem services**. Sofia: Pensoft Publishers, 2017. cap. 2.1, p. 31-34. Disponível em: <https://ab.pensoft.net>. Acesso em: 10 abr. 2021

HENRY, M. *et al.* GlobAllomeTree: international platform for tree allometric equations to support volume, biomass and carbon assessment. **Iforest - Biogeosciences And Forestry**, [S.L.], v. 6, n. 6, p. 326-330, 2 dez. 2013. Italian Society of Sivilculture and Forest Ecology (SISEF). <http://dx.doi.org/10.3832/ifor0901-006>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257932627_GlobAllomeTree_International_platfo_rm_for_tree_allometric_equations_to_support_volume_biomass_and_carbon_assessment. Acesso em: 24 jan. 2021.

HERMANN, Anna; SCHLEIFER, Sabine; WRBKA, Thomas. The Concept of Ecosystem Services Regarding Landscape Research: a review. **Living Reviews In Landscape Research**, [S.L.], v. 5, p. 5-26, 2011. Living Reviews. <http://dx.doi.org/10.12942/lrlr-2011-1>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/50848619_The_Concept_of_Ecosystem_Services_Regarding_Landscape_Research_A_Review/link/0912f5059e812be2b2000000/download. Acesso em: 10 abr. 2021.

HIGUCHI, Niro; SANTOS, Joaquim dos; RIBEIRO, Ralfh João; MINETTE, Luciano; BIOT, Yvan. Biomassa da parte aérea da vegetação da Floresta Tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. **Acta Amazonica**, [S.L.], v. 28, n. 2, p. 153-153, jun. 1998. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43921998282166>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0044-59671998000200153&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 06 mar. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 15 jan. 2021

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**: Agriculture, forestry and other landuse. Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2006. v. 4.

JACOBI, Pedro. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 118, p. 189-206, mar. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-15742003000100008>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-

15742003000100008&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 25 jan. 2021.

JUNIOR, Francisco Tarcisio *et al.* Regeneração natural de uma área de caatinga no sertão 229 pernambucano, nordeste do Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 2, p. 229-235, abr/jun 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cerne/v19n2/a06v19n2.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2021.

LEITE, Flávia Dinelli Pontes. Valoração econômica do recurso e do dano ambiental aplicada à quantificação de débito imputado pelo Tribunal de Contas da União. **Revista do Tribunal de Contas da União**, Brasília, v. 36, n. 105, p. 75-90, jun/set 2005. Disponível em: <https://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br:redede.virtual.bibliotecas:artigo.revista:2005;1000775>. Acesso em: 22 fev. 2021.

MAGURRAN, Anne E.. **Medindo a Diversidade Biológica**. Brasil: Ufpr, 2011. 262 p.

MARENGO, Jose A.. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 13, n. 27, p. 149-173, dez. 2008.

Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/329. Acesso em: 25 fev. 2021.

MAY, P.H. **Iniciativas de PSA de Carbono Florestal na Mata Atlântica**. In: Pagamentos por serviços ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios. GUEDES, F.B; SEEHUSEN, S.E. (Orgs.). Brasília: MMA, 2011. Disponível em: https://florestasdo futuro.files.wordpress.com/2013/06/pagamentos_por_servicos_ambientais_na_mata_atlantica.pdf. Acesso em: 22 fev. 2021

MEJÍA, J. W. A.. Planificación del manejo de los recursos naturales con base en los servicios ambientales prioritarios en la sbcuencia del Lago de Yojoa, Honduras. **2005**. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Manejo e Conservação de Florestas Tropicais e Biodiversidade, Escuela de Posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie), Turrialba, 2005. Disponível em: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/3206>. Acesso em: 02 jan. 2021.

MELO, A. L.. **Reservas Particulares do Patrimônio Natural em Silva Jardim, Rio de Janeiro**: perfil e características do manejo. 2004. 105 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2004.

Disponível em: http://r1.ufrj.br/lmbh/pdf/mono_disset_tese/mono_disset_tese31. Acesso em: 25 mar. 2021.

MENDES, Keila R. *et al.* Seasonal variation in net ecosystem CO₂ exchange of a Brazilian seasonally dry tropical forest. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 1-16, 11 jun. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-66415-w>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-66415-w>. Acesso em: 19 fev. 2021.

MENDONÇA, E. S.. **A Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN):** o caso da reserva natural menino Deus - Ilha de Santa Catarina. 2004. 178 f. Dissertação (Mestrado) -Curso de Programa de Pós - Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/88067>. Acesso em: 22 fev. 2021.

MIGUEZ, José D. G. *et al.* Mudanças Globais e Desenvolvimento: Importância para a Saúde: global changes and development: health importance. **Informe Epidemiológico doSus**, Manguinhos, v. 3, n. 11, p. 139-154, fev. 2002. Disponível em: <http://scielo.iec.gov.br/pdf/iesus/v11n3/v11n3a04.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2021.

MILLIENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA), 2005. **Overview of the Millennium Ecosystem Assessment**. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/en/About.html>. Acesso em: 20 fev. 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Monitoramento do Bioma Caatinga**. Brasília: MMA, 2010. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatrio_tcnico_caatinga_72.pdf. Acesso em: 26 jan. 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). A Convenção sobre Diversidade Biológica –CDB. Cópia do Decreto Legislativo no. 2, de 5 de junho de 1992. Brasília: MMA, 2000. Disponível: http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/static/pdf/documentos/Convencao_CDB_0. Acesso em: 26 jan. 2021.

MIRANDA, Dirceu Lucio Carneiro de; MELO, Antônio Carlos Galvão de; SANQUETTA, Carlos Roberto. Equações alométricas para estimativa de biomassa e carbono em árvores de reflorestamentos de restauração. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 31, p. 679-689, jun. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622011000400012>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622011000400012&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 01 mar. 2021.

MORAIS, Ygor Cristiano Brito *et al.* Análise do Sequestro de Carbono em Áreas de Caatinga do Semiárido Pernambucano. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S.L.], v. 32, n. 4, p. 585-599, dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786324007>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862017000400585&tlng=pt. Acesso em: 15 fev. 2021.

MORSELLO, Carla. **Áreas protegidas públicas e privadas:** seleção e manejo. 2006. 343 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001534062>. Acesso em: 02 mar. 2021.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259466952_Aims_and_methods_of_vegetation_ecology. Acesso em: 29 jan. 2021.

Organização das Nações Unidas - ONU. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento. Agenda 21. Disponível em: https://www.un.org/esa/dsd/agenda21/?utm_source=OldRedirect&utm_medium=redirect&utm_content=dsd&utm_campaign=OldRedirect. Acesso em: 23 jan. 2021.

PAIXÃO, Fausto Araújo *et al.* Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n. 3, p. 411-420, jun. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622006000300011>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622006000300011&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 19 fev. 2021.

PEREIRA, Vera Lúcia. **Impacto do desmatamento da Caatinga sobre a comunidade microbiana do solo**. 2013. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pósgraduação em Biologia de Fungos, Departamento de Micologia do Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/12672/1/Disserta%C3%A7ao%20VERA%20L%C3%A9CIA%20PEREIRA>. Acesso em: 01 fev. 2021.

RIBEIRO, Sabina Cerruto *et al.* Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma capoeira da Zona da Mata Mineira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 3, p.495-504, jun. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622010000300013>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622010000300013&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 24 jan. 2021.

RATUCHNE, Luis Carlos *et al.* Estado da Arte na Quantificação de Biomassa em Raízes de Formações Florestais. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, p. 450-462, 7 jun. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.131515>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/floram/v23n3/2179-8087-floram-2179-8087131515>. Acesso em: 24 fev. 2021.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; FIGUEIREDO, M. A. **Manual sobre métodos de estudos florístico e fitossociológico: ecossistema caatinga**. Brasília: SBB, 2013. 24 p. Disponível em: https://www.botanica.org.br/wp-content/uploads/man_sob_met_est_flo_fit. Acesso em: 16 nov. 2020

RÜGNITZ, Marcos; CHACÓN, Mario; PORRO, Roberto. **Guia para Determinação de Carbono em Pequenas Propriedades Rurais**. Belém: Centro Mundial Agrofl Orestal(Icraf) / Consórcio Iniciativa Amazônica (Ia), 2009. 81 p. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/inventario-gee-sp/wp-content/uploads/sites/34/2014/04/guia_carbono. Acesso em: 03 jan. 2021.

SAMPAIO, Everardo V.s.B.; SILVA, Grécia C. Biomass equations for Brazilian semiaridcaatinga plants. **Acta Botanica Brasilica**, [S.L.], v. 19, n. 4, p. 935-943, dez.

2005.

FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-33062005000400028>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062005000400028. Acesso em: 13 mar. 2021.

SANTOS, J. R. *et al.* Savanna and tropical rainforest biomass estimation and spatialization using JERS-1 data. **International Journal Of Remote Sensing**, [S.L.], v. 23, n. 7, p. 1217-1229, jan. 2002. Informa UK Limited.

<http://dx.doi.org/10.1080/01431160110092867>.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/253590092_Savanna_and_tropical_rainforest_biomass_estimation_and_spatialization_using_JERS-1_data. Acesso em: 19 jan. 2021.

SANTOS, Rosimeire Cavalcante *et al.* Estoques de volume, biomassa e carbono na madeirade espécies da Caatinga em Caicó, RN. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S.L.], v. 36, n. 85, p. 1, 31 mar. 2016. Embrapa Florestas.

<http://dx.doi.org/10.4336/2016.pfb.36.85.772>.

Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/772>. Acesso em: 25 jan. 2021.

SANTOS, A. M.; TABARELLI, M.. Distance from roads and cities as a predictor of habitat loss and fragmentation in the caatinga vegetation of Brazil. **Brazilian Journal Of Biology**, São Carlos, v. 62, n. 4, p. 897-905, nov. 2002. FapUNIFESP (SciELO).

<http://dx.doi.org/10.1590/s1519-69842002000500020>. Disponível

em:

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842002000500020&lng=en&tlng=en. Acesso em: 22 fev. 2021.

SEEG Brasil. Emissões do setor de mudanças de uso da terra: período de 1990 a 2015.

Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, p.1-43, 2017. Disponível em: <https://imazon.org.br/publicacoes/emissoes-de-gee-do-setor-de-mudanca-de-uso-da-terra-1990-2014/>. Acesso em: 19 fev. 2021

SILVA, A.W.L.; MONTIBELLER-FILHO, G. Compensação por serviços ambientais: um novo cenário na proteção e valorização dos recursos naturais. **Cadernos de Ciência & tecnologia**, v.28, n.3, p. 697 – 719, 2011. Disponível em:

<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/16068>. Acesso em: 29 jan. 2021.

SMITH, J. *et al.* Harnessing carbon markets for tropical forest conservation: towards a more realistic assessment. **Environmental Conservation**, [S.L.], v. 27, n. 3, p. 300-311, set. 2000. Cambridge University Press (CUP).

<http://dx.doi.org/10.1017/s0376892900000345>.

Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/abs/harnessing-carbon-markets-for-tropical-forest-conservation-towards-a-more-realistic-assessment/1C153DF64EFF420C594C760804D93A4F>. Acesso em: 20 dez. 2021.

SOUSA, Rafaela. **Caatinga**. 2021. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/brasil/caatinga.htm>. Acesso em: 21 mar. 2021.

SOUZA, Bartolomeu Israel *et al.* The Caatinga and desertification. **Mercator**, Fortaleza, v.14, n. 01, p. 131-150, 26 abr. 2015. Mercator - Revista de Geografia da UFC.

<http://dx.doi.org/10.4215/rm2015.1401.0009>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/pdf/mercator/v14n1/1984-2201-mercator-14-01-0131>. Acesso em:
29jan. 2021.

TANIZAKI-FONSECA, Kenny. **Impacto do uso da terra no estoque e fluxo de carbono na área de domínio de Mata Atlântica**: estudo de caso, estado do rio de janeiro. 2000. 212

f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Geociências, Universidade FederalFluminense, Niterói, 2000.

TROVÃO, Dilma M. de B. M. *et al.* Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espéciesda Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 307-311, jan. 2007. Disponível em:

<https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n3/a10v11n3>. Acesso em: 22 mar. 2021.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE - UNFCCC. **Progress in the development of guidance materials, standards and reporting guidelines for terrestrial observing systems for climate**. Bali: UNFCCC; 2007. Disponível em: <https://unfccc.int/documents/4620>. Acesso em: 19 fev. 2021.

VILAR, Mariana Barbosa. **Valoração econômica de serviços ambientais em propriedades rurais**. 2009. 171 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em CiênciaFlorestal, Manejo Florestal; Meio Ambiente e Conservação da Natureza; Silvicultura; Tecnologia e Utilização de, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009. Disponível em:<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/3016>. Acesso em: 20 dez. 2020.

YADAVAND, A. S.; GUPTA, S. K.. Natural regeneration of tree species in a tropical dry deciduous thorn forest in Rajasthan, India. **National Institute Of Ecology**, Nova Delhi, v.20, p. 5-14, jan. 2009. Disponível em:

https://www.nie.re.kr/contents/siteMain.do?mu_lang=ENG. Acesso em: 19 fev. 2021.

ZELARAYÁN, *et al.* Impacto da degradação sobre o estoque total de carbono de florestasripárias na Amazônia Oriental, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 45, n. 3, p. 271-282, set. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201500432>.

Disponível em:

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672015000300271&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 19 fev. 2021