



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIALIZADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - UAECIA
ESCOLA AGRÍCOLA DE JUNDIAÍ - EAJ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS



**POTENCIAL ENERGÉTICO DA MADEIRA DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM
ÁREA SOB MANEJO SUSTENTÁVEL, APÓS CORTE RASO, NO RIO GRANDE DO
NORTE**

ANA CAROLINA DE CARVALHO

Macaíba/RN
Dezembro de 2018

ANA CAROLINA DE CARVALHO

**POTENCIAL ENERGÉTICO DA MADEIRA DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM
ÁREA SOB MANEJO SUSTENTÁVEL, APÓS CORTE RASO, NO RIO GRANDE DO
NORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre (Área de Concentração: Ciências Florestais - Linha de Pesquisa: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais).

Orientadora:

Prof. Dr.^a Rosimeire Cavalcante dos Santos

Coorientador:

Prof. Dr. Carlos Alberto Paskocimas

Macaíba/RN

Dezembro de 2018

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Carvalho, Ana Carolina de.

Potencial energético da madeira de espécies florestais em área sob manejo sustentável, após corte raso, no Rio Grande do Norte / Ana Carolina de Carvalho. - 2019.

55f.: il.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias Campus Macaíba, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Macaíba, 2018.

Orientadora: Rosimeire Cavalcante dos Santos.

Coorientador: Carlos Alberto Paskocimas.

1. Exploração de madeira - Dissertação. 2. Biomassa - Dissertação. 3. Qualidade da madeira - Dissertação. 4. Modelagem da produção - Dissertação. I. Santos, Rosimeire Cavalcante dos. II. Paskocimas, Carlos Alberto. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 631.571

**POTENCIAL ENERGÉTICO DA MADEIRA DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM
ÁREA SOB MANEJO SUSTENTÁVEL, APÓS CORTE RASO, NO RIO GRANDE DO
NORTE**

Ana Carolina de Carvalho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre (Área de Concentração: Ciências Florestais - Linha de Pesquisa: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) em novembro de 2018.

Banca Examinadora



Prof. Dr. Renato Vinícius Castro Mendes
Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ)
Professor Convidado



Prof. Dr. Ananias Francisco Dias Júnior
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Professor Convidado



Prof. Dra. Rosimeire Cavalcante dos Santos
UAECIA/UFRN
Professora Orientadora

Macaíba/RN
Dezembro de 2018

Aos meus pais,

Francisco Chagas de Carvalho

Maria Jozenilce de Carvalho (*in memoriam*)

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço

Ao Deus Eterno, por ter me sustentado até aqui.

Aos meus pais por sempre acreditarem em mim mesmo não compreendendo a minha ausência e as minhas irmãs pelo grande apoio em todos os momentos.

A minha orientadora professora Dr^a. Rosimeire Cavalcante dos Santos pela sua disponibilidade e auxílio em fornecer subsídios para construção dos meus ideais profissionais.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da UFRN ao qual sou participante, pela viabilização do desenvolvimento do meu trabalho de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001, pela concessão da bolsa nos primeiros meses do curso de mestrado.

Ao Professor Dr. Renato Vinícius Oliveira Castro da Universidade Federal de São João Del-Rei (UFSJ), pela imensa ajuda e disponibilidade em coorientar o presente estudo.

Aos professores Dr^a. Graziela Baptista Vidaurre e Dr. Ananias Francisco Dias Júnior pela disponibilidade dos Laboratórios de Qualidade da Madeira e Energia da Biomassa (UFES), respectivamente, e contribuições valiosas para o desenvolvimento do trabalho.

Ao Sr. Marconi Barreto, por disponibilizar área de estudo e os instrumentos para as atividades de campo.

Ao Sr. Adailton José Epaminondas de Carvalho por toda a disponibilidade em compartilhar suas experiências na área florestal.

A Associação de Plantas do Nordeste (APNE) em especial ao Sr. Frans Pareyn por sua vasta contribuição durante todo o planejamento deste estudo.

Aos membros do Grupo de Estudo em Energia da Biomassa (GEEB) por todo apoio em todas as etapas do trabalho.

A Cynthia Patrícia de Sousa Santos, Izabelle Rodrigues Ferreira Gomes e Sarah Ester de Lima Costa pela amizade e ajuda durante as coletas das amostras e pelo auxílio nas análises.

Aos amigos da UFRN/EAJ, em especial aos colegas da turma 2017.1 que me acompanharam nesse caminho que percorremos juntos, pela força e cumplicidade e acima de tudo pela amizade.

Por fim, sou extremamente grata a todos os familiares, amigos e profissionais que influenciaram os meus conceitos durante todo o meu percurso e que contribuíram direta ou indiretamente para a realização de mais uma etapa em minha vida acadêmica.

*“Sonhar o sonho impossível,
Sofrer a angústia implacável,
Pisar onde os bravos não ousam,
Reparar o mal irreparável,
Amar um amor casto à distância,
Enfrentar o inimigo invencível,
Tentar quando as forças se esvaem,
Alcançar a estrela inatingível:
Essa é a minha busca.”*

(Miguel de Cervantes)

“Defenda o que acredita e tenha orgulho por quem você é.”

(Sara Shepard)

RESUMO

POTENCIAL ENERGÉTICO DA MADEIRA DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM ÁREA SOB MANEJO SUSTENTÁVEL, APÓS CORTE RASO, NO RIO GRANDE DO NORTE

Estudos sobre o potencial produtivo da madeira em florestas nativas, que envolva produtividade e características tecnológicas da madeira, colaboram para entender o potencial desses e a quantidade de energia disponível após a exploração. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a produtividade em lenho e as propriedades da madeira para energia, em uma área manejada após corte raso e realizar estimativa da idade de rotação do povoamento. A área selecionada, Fazenda Milhã/Poço da Pedra, do município de João Câmara, RN, foi dividida em 15 talhões. Em seguida, foram selecionados quatro com as respectivas idades de corte, a saber: Talhão 1 (T1): 12,3 anos; Talhão 8 (T8): 9,3 anos; Talhão 12 (T12): 7,2 anos e Talhão 6 (T6): 6,6 anos de corte. Casualmente, dez parcelas retangulares (20 m x 20 m), foram selecionadas por talhão. Após análises do inventário das parcelas foram selecionadas as espécies com no mínimo 70% de representatividade da área, a saber: *Poincianella pyramidalys* (Tul.) L. Q. Queiroz, *Caparis flexuosa* L., *Ziziphus joazeiro* Mart, *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke, *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret, *Croton sonderianus* Müll. Arg. e *Aspidosperma pyrifolium* Mart. Derrubaram-se três árvores-amostra de cada espécie, sendo posteriormente cubadas e, do seu tronco, retiradas amostras à altura de 1,30 m do solo (DAP) para determinação da densidade básica, composição imediata, poder calorífico superior da madeira, densidade energética e estoque de energia. Para estimar o volume em lenho de cada talhão, aplicou-se o fator de forma médio calculado pela cubagem das árvores selecionadas e em seguida, estimou-se a produção média por hectare. De posse dos dados de incremento, após o corte em cada talhão, foi estimada a idade técnica de corte (idade de rotação) da área em estudo. Dentre as espécies estudadas, a jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) se sobressai quanto à produção de energia, se destacando por possuir valores altos de carbono fixo, poder calorífico superior e densidade básica, além de baixo valor de cinzas, podendo a mesma ser indicada para implantação de floresta energética. O ajuste das curvas de crescimento e de produção para estimativas da produção futura sugere o corte das espécies da Caatinga em idade de 17,3 anos de regeneração. Por fim, vale ressaltar que apesar do tal estudo ter sido conduzido numa área sob manejo florestal, não foi avaliado aspectos ambientais, sociais e econômicos, sendo necessário investigações futuras para melhor entendimento.

Palavras-chave: Exploração, Biomassa, Qualidade da madeira, Modelagem da produção

ABSTRACT

ENERGY POTENTIAL OF WOOD OF FOREST SPECIES IN AREA UNDER SUSTAINABLE MANAGEMENT, AFTER RAPID CUTTING, IN RIO GRANDE DO NORTE

Studies on the productive potential of wood in native forests, involving productivity and technological characteristics of wood, collaborate to understand the potential of these and the amount of energy available after the exploration. Thus, the objective of this study was to evaluate wood productivity and wood properties for energy in an area managed after shallow cutting and to estimate the age of rotation of the stands. The selected area, Fazenda Milhã / Poço da Pedra, in the municipality of João Câmara, RN, was divided into 15 plots. Then, four were selected with their respective cutting ages, namely: Field 1 (T1): 12.3 years; Field 8 (T8): 9.3 years; Field 12 (T12): 7.2 years and Field 6 (T6): 6.6 years of cutting. Casually, ten rectangular plots (20 m x 20 m) were selected per plot. After analyzing the inventory of the plots, the species with a minimum of 70% representative of the area were selected: *Poincianella pyramidalys* (Tul.) LQ Queiroz, *Caparis flexuosa* L, *Ziziphus joazeiro* Mart, *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke, *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret, *Croton sonderianus* Müll. Arg. and *Aspidosperma pyriformium* Mart. Three sample trees of each species were felled, and samples were taken at a height of 1.30 m from the soil (DBH) to determine the basic density, immediate composition, higher calorific value of the wood, density energy and energy stock. In order to estimate the wood volume of each plot, the average shape factor calculated by the cubage of the selected trees was applied and then the average production per hectare was estimated. After the cut in each plot, the cutting age (rotation age) of the area under study was estimated. Among the species studied, the black jurema (*Mimosa tenuiflora*) stands out for the energy production, being distinguished by its high values of fixed carbon, higher calorific value and basic density, as well as low ash value. implementation of energy forest. The adjustment of the growth and yield curves for estimates of future production suggests the cut of the Caatinga species at 17.3 years of regeneration. Finally, it is worth mentioning that, despite the fact that such study was conducted in an area under forest management, environmental, social and economic aspects were not evaluated, and future research is needed for a better understanding.

Keywords: Exploration, Biomass, Wood quality, Production modeling

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1. Manejo florestal sustentável.....	15
2.2. Exploração e uso da biomassa florestal	17
2.3. Caracterização da madeira para uso energético	19
2.4. Espécies representativas em um povoamento florestal	21
2.5. Estudo da produtividade volumétrica em área sob manejo	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1. Área de estudo	26
3.2. Distribuição das unidades amostrais	27
3.3. Seleção de espécies representativas	28
3.4. Determinação do volume em lenho	29
3.5. Amostragem e análises das propriedades energéticas da madeira	30
3.6. Estimativa da idade de Rotação	31
3.7. Análises dos dados	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5. CONCLUSÕES	43
LITERATURA CITADA.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa do Estado do Rio Grande no Norte, com destaque para o município de João Câmara/RN, Brasil, onde está localizada a área de estudo.	26
Figura 2. Unidades amostrais lançadas nos talhões em estudo.....	28
Figura 3. Valores médios para as variáveis: Materiais Voláteis (%); Carbono Fixo (%) e Cinzas (%), observados nas madeiras das sete espécies	37
Figura 4. Valores médios para o poder calorífico superior das sete espécies estudadas	38
Figura 5. Densidade básica da madeira em kg/m ³ por espécie	39
Figura 6. Densidade energética da madeira em kcal/m ³ por espécie	40
Figura 7. Volume de biomassa em t/ha por idade dos talhões em anos	41
Figura 8. Energia estocada em kcal/ha por idade dos talhões em anos	41
Figura 9. Idade técnica de corte considerando a produção em volume de madeira pela idade de regeneração.....	42
Figura 10. Incrementos volumétricos médio e corrente anual considerando a idade de regeneração	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Exploração Florestal (Manejo florestal) com licença vigente até 16/03/2018	16
Tabela 2. Espécies selecionadas para a cubagem e amostragem da madeira.....	31
Tabela 3. Estimativa dos parâmetros da estrutura horizontal das espécies no talhão 6 (6,6 anos de idade) amostrados após o corte raso	33
Tabela 4. Estimativa dos parâmetros da estrutura horizontal das espécies no talhão 12 (7,2 anos de idade) amostrados após o corte raso	33
Tabela 5. Estimativa dos parâmetros da estrutura horizontal das espécies no talhão 8 (9,3 anos de idade) amostrados após o corte raso	33
Tabela 6. Estimativa dos parâmetros da estrutura horizontal das espécies no talhão 1 (12,3 anos de idade) amostrados após o corte raso	34
Tabela 7. Volume médio e estatísticas por estrato	36

LISTA DE ABREVIATURAS

IVI – Índice de Valor de Importância

IMA – Incremento Médio Anual

ICA – Incremento Corrente Anual

ITC – Idade Técnica de Corte

DB – Densidade Básica

PCS – Poder Calorífico Superior

AQI – Análise Química Imediata

1. INTRODUÇÃO

A extração da madeira para utilização nos fins florestais pode gerar impactos negativos ao ambiente quando não realizada numa área sob manejo florestal sustentável, principalmente para desígnio dos segmentos industriais que demandam elevada quantidade de madeira. Os impactos do desmatamento ilegal podem acarretar consequências negativas na exploração madeireira e na extração de produtos florestais não-madeireiros (CARVALHO et al., 2017).

Todavia, ao se observar o uso da madeira pelo setor industrial como uma das principais fontes de energia no estado do Rio Grande do Norte, a indústria de cerâmica vermelha se configura como uma das maiores consumidoras de madeira explorada e comercializada pelos proprietários de áreas sob manejo florestal no estado, com destaque para o consumo na região do Seridó, de clima semiárido, onde está localizado o principal polo cerâmico (SCHWOB et al., 2017; SILVA et al., 2008; TAVARES, 2014). Tal aspecto torna-se ainda mais relevante pelo fato do bioma que abrange o Estado, a Caatinga, ser caracterizado pela pouca existência de espécies florestais, endêmicas e com elevados índices de possibilidade de extinção (MILLIKEN et al., 2018; SILVA; OREN, 1997).

A demanda por produtos energéticos nessa região é crescente, aumentando assim a pressão sobre a flora nativa para obter de forma prioritária a lenha para combustão direta (DIAS JÚNIOR et al., 2018; PAES et al., 2012). Apesar da importância da vegetação da região do semiárido como fonte de energia, é grande a carência de informações sobre o material lenhoso obtido de manejo sustentável para esta finalidade. Tal fato é reforçado pela porcentagem da extração de madeira da Caatinga de forma ilegal, o que dificulta estimar o consumo real de madeira no estado e realizar inferências sobre a produção e comercialização da madeira legalizada, aliada à demanda de lenha no estado. O conhecimento desses dados poderia contribuir com práticas mais efetivas de recuperação de áreas exploradas, pelo manejo sustentável de múltiplas espécies (AMAZONAS et al., 2018; RIEGELHAUPT; PAREYN; GARIGLIO, 2010).

Ao se considerar o uso sustentável da madeira na região do Semiárido à avaliação do seu potencial energético, além da produtividade em lenho e das propriedades físicas e químicas da madeira atrelada às atividades de manejo é muito relevante; uma vez que tanto o conhecimento sobre a quantidade de energia estocada na madeira, quanto sobre o volume real no momento da exploração e na prospecção futura podem resultar na estabilização de

metodologias com alcance de resultados socioeconômicos favoráveis (DIAS JÚNIOR et al., 2018; BRAND, 2017; TRUGILHO et al, 2015).

Na região do Semiárido brasileiro, especificamente, no estado do Rio Grande do Norte (RN), não há registros de informações científicas do potencial energético sob a perspectiva da produtividade volumétrica e qualidade da madeira das espécies da Caatinga, que proporcionem entendimentos sobre o seu ciclo de corte adotado para as áreas sob manejo florestal, do ponto de vista da sustentabilidade. Tais atributos estariam ligados aos estudos que envolvam as áreas de manejo florestal, mensuração, exploração e regeneração do incremento anual das espécies, de modo a relacionar produtividade volumétrica à qualidade da madeira para uso na geração de energia térmica (BRAND, 2017).

Faz-se necessário, dentro desse contexto, colaborar com essas respostas uma vez que aliar estudos que envolvam as áreas de manejo florestal, mensuração, exploração e regeneração com tecnologia de produtos florestais possibilitará a determinação da produtividade de uma área, o incremento anual das espécies, de modo a relacionar produtividade volumétrica à qualidade da madeira.

Diante disso, é notória a necessidade de estudos que abordem a disponibilidade de energia da madeira comercializada de forma legal, após exploração com corte raso em função da condução de manejo sustentável, subsidiando informações que poderão auxiliar nas decisões quanto ao ciclo de corte das áreas manejadas objetivando a geração de energia por meio do uso da madeira como lenha. A hipótese levantada neste estudo é a de que há de se considerar a produção em lenha, após corte raso, aliada às características tecnológicas da madeira para obter respostas sobre o potencial de produção de energia da madeira em áreas sob manejo, pois dessa maneira será possível conjugar informações sobre estimativa da idade de rotação do povoamento.

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a produção em lenha e as propriedades da madeira para energia, em uma área manejada, após corte raso, e realizar estimativa da idade de rotação do povoamento, de modo a fornecer informações que poderão auxiliar órgãos ambientais na tomada de decisão quanto ao ciclo de corte de áreas manejadas para fornecimento de energia no Estado do RN. Há ainda, a oportunidade de indicar espécies com alto potencial energético para utilizações diversas como recuperação de áreas degradadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Manejo florestal sustentável

A finalidade do manejo florestal é conseguir que as florestas forneçam continuamente benefícios econômicos, ecológicos e sociais, mediante um planejamento mínimo para o aproveitamento dos recursos madeireiros e não madeireiros disponíveis (GAMA; BENTES-GAMA; SCOLFORO, 2005). Para tanto, o manejo florestal sustentável, é um processo de gerenciamento e planejamento florestal, no sentido de analisar as melhores ações para uma resposta socioeconômica e ambiental favorável a médio e longo prazo (CARIELLO, 2008).

A sustentabilidade da produção de madeiras é um desafio aos pesquisadores florestais. As informações referentes ao crescimento florestal são pré-requisito para o manejo sustentável das florestas. Então, para que haja continuidade na produção de benefícios e necessário garantir a perpetuação dos recursos florestais, bem como a aplicação de técnicas silviculturais que assegurem a sustentabilidade do uso da floresta (SCHAAF, 2001).

Em função das características físicas intrínsecas ao bioma Caatinga, principalmente precipitação, temperaturas e solos, a atividade florestal sustentável pode contribuir significativamente para a manutenção da capacidade produtiva de sua área (GARIGLIO, 2015). Diante do quadro, o manejo florestal aparece como uma alternativa viável economicamente, pois promove a geração de emprego e renda, principalmente no período seco, através do aproveitamento legalizado e sustentável dos recursos florestais existentes, assegurando a conservação do ecossistema, a regeneração e a recuperação da vegetação (RIEGELHAUPT, 2008).

Onde, os produtos florestais – madeireiros e não-madeireiros – constituem, além de fonte de energia primária, importante complemento de renda para o desenvolvimento de qualquer atividade econômica (CARVALHO et al., 2000). E durante todo o ciclo de corte previsto no Plano de Manejo Florestal, promovendo a melhor utilização da terra, conservação da paisagem florestal e dos recursos naturais, além de promover uma valorização econômica (MARINHO et al., 2009).

Diversos estudos de inventários foram realizados nos últimos anos em áreas de Caatinga, fornecendo importantes informações sobre o número de indivíduos por hectare, área basal ocupada e riqueza florística. No entanto, existe uma escassez de estudos sobre regeneração natural nessa vegetação e, tais conhecimentos são essenciais para a elaboração e

aplicação correta dos planos de manejo e tratamentos silviculturais permitindo uma exploração florestal (ALVES JUNIOR et al, 2013). Ressalta-se também que, o manejo sustentável de florestas tem como função promover a reposição e regeneração natural das espécies de forma a assegurar futuramente a produtividade e conservação da floresta, evitando e/ou minimizando prejuízo às produções (GÓMEZ, 2011).

Segundo a APN (2017), no Estado do Rio Grande do Norte, encontram-se, cadastrados 62 planos de manejo florestais, destes apenas 40 estavam ativos no ano vigente. No entanto, apenas 21 (Tabela 1) permanecem com a licença vigente até o início do ano de 2018 (IDEMA, 2018).

Tabela 1. Exploração Florestal (Manejo florestal) com licença vigente até 16/03/2018.

Empreendimento	Município
Fazenda Horizonte	Campo Grande
Fazenda Dona Elvira	São José de Mipibu
Fazenda Baixa da Oiticica	Upanema
Jarleno Braz Galvão	Acari
Fazenda Serra da Volta	Angicos
Fazenda Massapê	Carnaubais
Fazenda Lagoa de Pedra	São José do Campestre
Fazenda Milhã/Poço da Pedra	João Câmara
Sítio Tirol	Caraúbas
Fazenda Itapitanga	São Gonçalo do Amarante
Fazenda Espera	Angicos
Fazenda Santa Maria	Caiçara do Rio dos Ventos
Fazenda Riacho do Cabra	Santa Cruz
Fazenda Regalia	São José do Campestre
Chanteaubriand Suassuna Carneiro	Rodolfo Fernandes
Fazenda Dominga	Caicó
José Augusto Galvão Pereira	Currais Novos
Fazenda Guarita	Tangará
Fazenda Castelo	Paraú
Fazenda Santa Zélia	Pendências
Fazenda Solidão	Serra Negra do Norte

Fonte: IDEMA (2018)

2.2. Exploração e uso da biomassa florestal

No Brasil, historicamente, a madeira proveniente das florestas nativas era a principal fonte energética, atualmente essa situação vem decrescendo devido à legislação ambiental, bem como o aumento da fiscalização, fazendo com que a exploração primordialmente feita em povoados nativos, seja substituído por florestas plantadas. No entanto, em pequenas localidades, considera-se o uso de qualquer material combustível disponível, sem observar a sustentabilidade (YAZDANI; HAMIZAN; SHUKUR, 2012).

Dessa forma, a exploração dos recursos florestais na Região Nordeste, ao longo dos anos, caracterizou-se por uma intensidade diferenciada dentro do processo de ocupação das regiões de Mata Atlântica, da Caatinga e do Cerrado. Quase que imediatamente à chegada dos colonizadores, a Região e seus habitantes naturais se defrontaram com modos completamente desconhecidos de utilização de suas florestas e outros recursos naturais (PAUPITZ, 2010).

Todavia, a Caatinga é provavelmente o bioma menos estudado em relação à sua diversidade e conseqüentemente um dos mais degradados até hoje devido ao uso desordenado e predatório (BEZERRA et al., 2014). Dessa forma, é considerado o terceiro bioma mais degradado do Brasil, com pouco mais de 50% de área alterada pela ação antrópica (ALVAREZ; OLIVEIRA, 2013).

Dentre as atividades, a extração de madeiras é uma das causas de grandes impactos ao ecossistema (SILVA et al, 2001) e tal fato remete a uma reflexão sobre o manejo sustentável dos recursos naturais da Caatinga (MAIA et al., 2017) visando a produção sustentável.

Assim, a exploração de madeira realizada dentro dos critérios técnicos, aliada a tratamentos silviculturais de refinamento pós-exploração, visando induzir a regeneração e o crescimento de espécies de valor comercial é importante atividade para aumentar a qualidade e a produtividade das florestas após a exploração. Todavia, para que esse objetivo seja alcançado, os métodos de exploração utilizados devem ser eficientes para que os níveis de redução de área basal obtidos sejam equivalentes ao planejado (OLIVIERA et al, 2006).

Apesar disso, a exploração da Caatinga vem ocorrendo em grande parte através do desmatamento ilegal, para fins de uso alternativo do solo e produção madeireira, mas tal exploração deveria ser de forma legal, autorizado pelos órgãos competentes, para fins de uso alternativo do solo (agricultura, pastagem) e/ou com manejo florestal sustentável, autorizado pelos órgãos competentes, para fins de produção madeireira (PAREYN, 2010).

Haja visto que a Lei Federal Nº 12.651, de 25 de maio de 2012 que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e descreve em seu Art. 3º, inciso VII, disposições sobre o

manejo sustentável, desde a administração da vegetação natural para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, bem como, a utilização de múltiplas espécies madeireiras ou não, de múltiplos produtos e subprodutos da flora, bem como a utilização de outros bens e serviços (BRASIL, 2012).

E a nível de Rio Grande do Norte tem-se a lei complementar N° 272, de 3 de março de 2004 que dispõe sobre a Política e o Sistema Estadual do Meio Ambiente e em seu Art. 3º, o inciso III, estabelece critérios e padrões de qualidade ambiental, além de normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais que, mantido o equilíbrio ambiental, atendam às necessidades e peculiaridades do Estado. Sendo complementado pelo inciso IV, incentivar e difundir o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias orientadas para o uso sustentável dos recursos ambientais (RIO GRANDE DO NORTE, 2004).

Para o uso energético, a madeira é comumente chamada de lenha, sendo empregada como fonte de energia, no aquecimento e cocção de alimentos. Posteriormente, passou a ser utilizada como combustível em todas as suas formas (sólido, líquido e gasoso), em processos diversos, como térmico, mecânico e elétrico (BRITO, 2007). Assim, com relação à utilização da vegetação, a proporção listada quanto a algumas categorias de importância para o uso de espécies da Caatinga se dá da seguinte maneira: construção (70,49% das espécies), medicamentos (65,57%) e combustível (54,91%) (SANTOS; ARAÚJO; ALBUQUERQUE, 2008), onde o uso da madeira para combustível é cerca de 50% do total de madeira consumida anualmente no mundo (MOREIRA, 2011).

Atualmente, o consumo mundial de energia, continua crescendo descontroladamente e nas últimas décadas a demanda de energia tem se baseado, sobretudo, em fontes fósseis, levantando questionamentos quanto ao equilíbrio ambiental. Assim, a busca por alternativas que minimizem esses problemas tem se intensificado mundialmente (ELOY, 2013). Segundo o mesmo autor, a lenha por se tratar de um recurso natural e renovável, pode ter sua produção de forma sustentável e sem o caráter poluidor. Sendo notório o quanto o seu papel é fundamental quando ligada à produção e ao uso de energia ao longo das últimas décadas no Brasil, ocupando uma posição muito importante no que se entende ao uso de energia florestal.

Entre as fontes renováveis de energia, a biomassa florestal entra como possibilidade por ser renovável, assim como sustentável, e além de substituir os combustíveis fósseis por fontes alternativas de energia renovável, como forma de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa (GEE's), ainda é responsável pelo sequestro e armazenamento de carbono por meio de recomposição e plantio de florestas (MOREIRA, 2011). Por isso, inúmeras indústrias

e segmentos agropecuários preferem optar pelo uso da madeira visando a produção de energia em detrimento aos combustíveis fósseis (RIBEIRO; VALVERDE, 2016).

Ainda no Brasil, o carvão vegetal também é um componente importante da matriz energética nacional, principalmente para a indústria de ferro e aço (JANNUZZI, 2003). No Nordeste, estudos sugerem que, mesmo com uma mudança no padrão do consumo sobre a demanda total de lenha e carvão vegetal tal participação na matriz energética ainda é muito expressiva, e considerados como base da economia do Rio Grande do Norte, pois a mesma é responsável por 24% do consumo total de energia primária (RIO GRANDE DO NORTE. SEDEC, 2006).

De tal modo a energia proveniente da lenha vem sendo utilizada ao longo do tempo para suprir diversas necessidades tais como: calor, força motriz e combustível tanto para os setores industrial e comercial quanto residencial (RIEGELHAUPT; PAREYN, 2010). E esse consumo continua crescendo independente dos custos ambientais referentes ao uso dessa energia. Em 2015, somente a lenha, foi responsável por 28,4% da bioenergia e por 8,2% da matriz energética brasileira (MME, 2015). No entanto, o uso das energias renováveis como substituto da energia fóssil pode acarretar maiores danos ambiental caso o modelo energético adotado não seja sustentável (RIEGELHAUPT; PAREYN, 2010) e tal prática, feita de forma predatória, com extração de lenha indiscriminadamente, apresenta grandes riscos ao bioma Caatinga (BRAND; MUÑIZ, 2010).

Mas para tanto são necessárias informações que servirão como base para a tomada de decisões silviculturais de forma a gerar um aumento da produtividade e rentabilidade da floresta manejada, tais informações precisam quantificar e qualificar o estoque madeireiro a ser utilizado, para isso, faz-se indispensável gerar estimativas, principalmente quanto ao volume (THAINES et al., 2010).

2.3. Caracterização da madeira para uso energético

A madeira é considerada um combustível essencial principalmente em processos de secagem, cozimento, fermentações e produção de eletricidade em diversas regiões do planeta (BRITO et. al., 2008), assim, a escolha de espécies para seu aproveitamento como tal fonte é de extrema importância (ELOY, 2013). Para tanto é necessário o conhecimento das suas características fundamentais principalmente os relacionados ao potencial energético das madeiras (MOREIRA, 2011).

Assim a escolha das espécies para energia deve considerar não apenas as suas características tecnológicas, mas também a sua produtividade (CARNEIRO et al., 2014). Visto que o rendimento energético da combustão da madeira depende de sua constituição química, variando de espécie para espécie, tornando este um importante parâmetro de seleção (JESUS et al., 2017).

A qualidade da madeira é a combinação de diversas características de uma árvore ou de suas partes (físicas, químicas e anatômicas), que podem definir a melhor forma de utilização e dentre estas, as principais para energia são: densidade da madeira, poder calorífico, umidade, característica química elementar, imediata e estrutural, além do comportamento térmico da biomassa em si (VITAL et al., 2013). Portanto, a utilização de determinadas madeiras para fins energéticos deve ser fundamentada nestes parâmetros, principalmente no conhecimento do seu poder calorífico, densidade básica e no seu potencial para produção de lenho (SOUZA et al., 2008). Além disso, o rendimento energético da madeira, por ser um processo de combustão, depende de sua constituição química (QUIRINO et al., 2005).

Atualmente, algumas pesquisas desenvolvidas sobre a biomassa vegetal, tem utilizado o poder calorífico para representar o potencial energético, tornando esse parâmetro bastante importante (ROSA, 2016). Pois a calorimetria é um conjunto de técnicas e métodos dedicados a medição da variação de energia em um processo físico ou químico por meio da bomba calorimétrica (aparelho usado na determinação de quantidades de calor durante os processos físicos e químicos) (ÇENGEL; BOLES, 2013), desta maneira, o poder calorífico representa o quanto de energia é liberada em forma de calor mediante a queima da madeira, sendo a mesma expressa em caloria por grama ou quilocaloria por quilograma (CINTRA, 2009).

A densidade básica por sua vez, também deve ser enfatizada como uma das propriedades físicas da madeira de maior importância (BOTREL, 2006), visto que a densidade da madeira quantifica o material lenhoso por unidade de volume, dessa forma está relacionada a várias características tecnológicas fundamentais para produção e, conseqüentemente à utilização dos produtos florestais, tal como a lenha (ARANTES, 2009). Essa importância deve-se a correlação da densidade com várias outras características da madeira, já que a densidade afeta todas as demais propriedades físicas da madeira (SHIOYAMA, 1990).

Dessa forma a correlação entre a densidade e o poder calorífico, aliada a produtividade é de grande importância para estudos referentes ao uso da biomassa como fonte de energia

(BOTREL, 2006), já que a densidade básica reflete fundamentalmente a produção da biomassa seca de cada indivíduo (TRUGILHO et al., 2010), sendo a mesma representada em massa por volume e, por isso, tenderá a atuar na velocidade de queima durante a produção de energia (ELOY et al., 2014). Ainda, a massa específica básica quando usada de forma a expressar a qualidade da madeira, é tomada como o principal parâmetro físico, pois, é de fácil determinação devido a sua íntima relação com outras propriedades (MATOS et al., 2011).

As propriedades químicas da madeira também sofrem influência direta das taxas de crescimento das árvores, gerando variabilidade na qualidade da madeira (VIDAURRE et al., 2011), daí a importância de se fazer a análise química imediata da madeira, de modo a determinar quantidade de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo.

Mesmo que haja a compreensão da importância das características energéticas abordadas para a escolha da espécie com o objetivo para produção energética, nota-se que em muitas regiões, especialmente nas com menor grau de desenvolvimento social e econômico, a seleção da espécie é fundamentada no conhecimento empírico do potencial da madeira, bem como na sua aceitação em mercados locais (RIBEIRO et al, 2016).

Ainda segundo levantamento feito pelos mesmos autores, as principais espécies arbóreas encontradas na literatura relacionadas ao uso energético no Brasil são: *Eucalyptus spp.* (RODIGHERI; PINTO; DHLSON, 2001); *Acacia mangium*; *A. auriculiformis* (SOUZA et al.,2008); *E. urophylla x E. grandis* (TORRES et al.,2016); *E.camaldulensis x E. grandis* (CACAU et al.,2008); *A. mearnsii*; *A. mangium*; *E. grandis* (VALE et al.,2000). No entanto, apesar da existência de plantios energéticos, de espécies exóticas, no Brasil, ainda é necessário proteger as florestas nativas (PAYN et al., 2015), pois o consumo da madeira nativa como fonte energética está enraizado em muitas comunidades.

2.4 Espécies representativas em um povoamento florestal

O Brasil é o país que possui a maior diversidade de angiospermas (FORZZA et al., 2010), tal riqueza é distribuída entre os domínios fitogeográficos brasileiros, sendo a Caatinga (stricto censo) responsável por 2164 espécies distribuído em 127 famílias no Nordeste (FLORA DO BRASIL, 2018). Dentre as famílias mais encontradas destacam-se, com maiores riquezas de espécies: Fabaceae (38 spp), Myrtaceae (14 spp), Rubiaceae (12 spp), Solanaceae (9 spp), Euphorbiaceae (8 spp) e Malvaceae (8 spp) (FREIRE et al., 2016).

No entanto as famílias com mais espécies utilizadas, de acordo com a quantidade de categorias de uso são: Anacardiaceae (9 categorias de uso), Fabaceae e Rhamnaceae (8

categorias de uso), Apocynaceae e Mimosaceae (7 categorias de uso), Caesalpiniaceae (6 categorias de uso) e Euphorbiaceae (5 categorias de uso); As exceções são as famílias Rhamnaceae e Apocynaceae (que se destacaram devido às espécies *A. pyriforme* Mart. e *Z. joazeiro* Mart., respectivamente) (SANTOS; ARAÚJO; ALBUQUERQUE, 2007).

A Caatinga é classificada como savana-estépica, com diversas tipologias (IBGE, 1992), sua vegetação possui fisionomia e estrutura fundamentalmente heterogênea o que dificulta a concepção de mecanismos classificatórios capazes de abranger as diversas tipologias presentes (ANDRADE-LIMA, 1981). Além disso, o processo de identificação de uma espécie é ainda mais complexo devido à enorme diversidade de espécies encontradas nos biomas brasileiros e envolve diversas etapas (GASSON, 2011).

Quanto à diversidade florística, vale ressaltar que a utilização de um maior número de espécies acarreta um melhor uso ecológico desses recursos, reduzindo os riscos para grupos específicos de plantas (TACHER et al., 2002). No entanto, essa variedade de espécies aumenta a heterogeneidade da qualidade de madeiras produzidas em uma área ao considerarmos alguns parâmetros para o uso energético da madeira, tais como: densidade básica, poder calorífico, teor de umidade, teor de cinzas, entre outros (BRAND, 2017).

Cada espécie apresenta características individuais e, portanto, suas propriedades podem ser bem diferentes, de modo que o conhecimento de tais propriedades permite avaliar e determinar quais os usos apropriados para cada espécie, evitando problemas futuros (NISGOSKI, 1999). Então, os parâmetros considerados para o uso energético devem ser considerados em função da variabilidade de espécies que compõem a biomassa a ser utilizada (BRAND, 2017).

Ainda, estudos com diferentes espécies madeireiras, demonstraram que estas diferem em características inerentes a suas propriedades físicas, mecânicas e químicas, bem como na capacidade de influenciar não somente seu uso final como também no processo de beneficiamento (VASCONCELOS; SILVA; FREITAS, 1993). Sendo assim, a composição e sucessão florística é uma informação essencial para a compreensão da floresta, independentemente de sua finalidade, seja ela o manejo, ou mesmo a conservação (CALLEGARO et al., 2016). Desta forma, o estudo da fitossociologia pode determinar o potencial das espécies de interesse, além de suas características no ambiente de estudo, possibilitando a intervenção sensata no bioma (VALÉRIO et al., 2008).

A informação da composição estrutural das florestas dispõe de dados qualitativos e quantitativos. Assim, a partir desses dados, pode-se caracterizar a vegetação quanto a origem, dinâmica e conseqüentemente, prever tendências de seu desenvolvimento futuro, sendo tais

predições componentes fundamentais para o planejamento da exploração sustentável das florestas (CORAIOLA; PÉLLICO NETTO, 2003). No entanto ainda é pouco o conhecimento sobre o desenvolvimento estrutural em ambientes que sofreram exploração madeireira, apesar dessas informações serem imprescindíveis para a avaliação da sustentabilidade no manejo florestal (JARDIM; QUADROS, 2016).

A fitossociologia permite a obtenção de análises da estrutura horizontal da floresta tomando por base diversos índices existentes na literatura (QUEIROZ, 2017), além das estimativas de produtividade, diversidade e biomassa, em florestas nativas, também pode deduzir qualidades distintas em nível de espécies, tais como: densidade, dominância, frequência, índice de valor de importância (HOSOKAWA; MOURA; CUNHA, 2008). O Índice de Valor de Importância (IVI) é obtido pelo somatório dos valores relativos de Densidade, Dominância e Frequência para cada espécie (CURTIS; MACINTOSH, 1950), e quanto maior os IVI's, mais relevante será a espécie no agrupamento florístico da área (QUEIROZ et al., 2017).

A densidade é caracterizada como o número de indivíduos, de uma determinada espécie, por unidade de área (MOORE; CHAPMAN, 1976). A densidade absoluta constitui o número total de indivíduos da espécie em uma área total amostrada, e a densidade relativa é a razão entre a densidade total de uma espécie e a densidade total da área amostrada (BRAUN-BLANQUET, 1979).

A dominância é determinada como sendo a taxa de ocupação do ambiente pelos indivíduos de uma dada espécie. Para povoamentos florestais, a dominância é frequentemente obtida por meio da área basal e expressa em metro quadrado por espécie, de modo que informe qual espécie ocupa a unidade de área em hectare (RODRIGUES, 1988).

Por fim, define-se frequência como a possibilidade de encontrar uma determinada espécie na unidade de amostragem, ou seja, o valor determinado aponta o percentual de parcelas que determinada espécie é encontrada (MOORE; CHAPMAN, 1976). A frequência é expressa normalmente em forma de porcentagem, podendo ser apresentado em seu valor absoluto, quando calculado em função de uma área amostral, ou relativo, conseguido quando é dado pela fração entre a frequência absoluta de determinada espécie e a soma das frequências absolutas de todas as espécies levantadas (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974).

2.5 Estudo da produtividade volumétrica em área sob manejo

É inviável determinar o volume de todas as árvores de um povoamento, mesmo em pequenas áreas, de forma geral, faz-se a medição em determinadas áreas amostrais da população para a avaliação do conteúdo madeireiro e extrapola-se para todo o povoamento florestal (CAMPOS, 2014). A esta medição, denomina-se inventário florestal por amostragem (CAMPOS; LEITE, 2013).

A idade consiste numa variável primordial para avaliar o crescimento e a produtividade de qualquer povoamento florestal em determinado sítio, sendo também indispensável nas práticas do manejo florestal servindo como um dos critérios de comparação (CAMPOS, 1983), além disso, é considerado um dos parâmetros indispensáveis para o bom rendimento e qualidade da madeira como fonte energética (VITAL et al., 1985).

Assim, a produção de um povoamento florestal depende da capacidade produtiva do local, do grau de ocupação e da idade da floresta (CAMPOS; LEITE, 2013), de modo a ser necessário considerar os estudos de distribuição da biomassa como forma de auxiliar na tomada de decisão em relação à idade de corte, principalmente quando se pretende adotar o uso total da árvore (REIS et al., 1985). No entanto, para a povoamentos naturais do bioma Caatinga ainda são poucas as pesquisas que quantificam a produtividade volumétrica correlacionada a estocagem de energia, bem sobre os ciclos de corte (DALLA LANA, 2017).

Tal prognose da produção para a definição do melhor ciclo de corte é obtida através de diversos modelos matemáticos onde busca-se descrever uma realidade com maior nível de precisão (DIAS et al., 2005), de modo a permitirem prever a produção ao longo do tempo e conseqüentemente garantir a exploração (VANCLAY, 1994). Assim, com base no conhecimento do estoque e produtividade é possível planejar a exploração e calcular o que se pode retirar da floresta para que esta não seja conduzida à exaustão de seus recursos (FIGUEIREDO, 2005).

A quantificação da produção volumétrica em madeira de uma árvore pode ser obtida de duas maneiras: através do método destrutivo, o qual exige a seleção e posterior derrubada de árvores-amostra para obtenção dos dados visando cálculos de volume, ou do método indireto em que se utiliza modelos de regressão (linear ou não-linear) que facilita o trabalho de campo, além de diminuir o custo de coleta de dados (SOARES; PAULO NETO; SOUZA, 2011).

A questão da máxima eficiência volumétrica significa identificar a idade em que o povoamento atinge ao maximizar o incremento médio anual (IMA), tal parâmetro apresenta um único ponto de máximo se estiver associado a curvas de crescimento que apresentem uma

fase inicial com ganhos mais do que proporcionais, seguida de uma fase com ganhos decrescentes (RODRIGUEZ, 2010).

Portanto, a determinação da idade de corte de uma floresta é de suma importância (RODRIGUES, 1989) e tal idade, também chamada de idade técnica de colheita (ITC) deve se basear em índices: IMA – Incremento Médio Anual e ICA – Incremento Corrente Anual, de modo que essa idade índice, é aquela em que o IMC é máximo, e este incremento é igual ao ICA, ou seja, $IMA=ICA$ (CAMPOS; LEITE, 2013).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na Fazenda Milhã/Poço da Pedra que possui 1.132,78 ha de mata nativa de Caatinga sob manejo florestal sustentável, representando aproximadamente 60% da área total da propriedade. A área está situada nas coordenadas $5^{\circ}35'47.3''\text{S}$ $35^{\circ}51'59.6''\text{W}$, na região Agreste, microrregião de Serra Verde, entre os municípios de Jardim de Angicos e João Câmara, a 100 km da capital do Estado do Rio Grande do Norte (Figura 1).

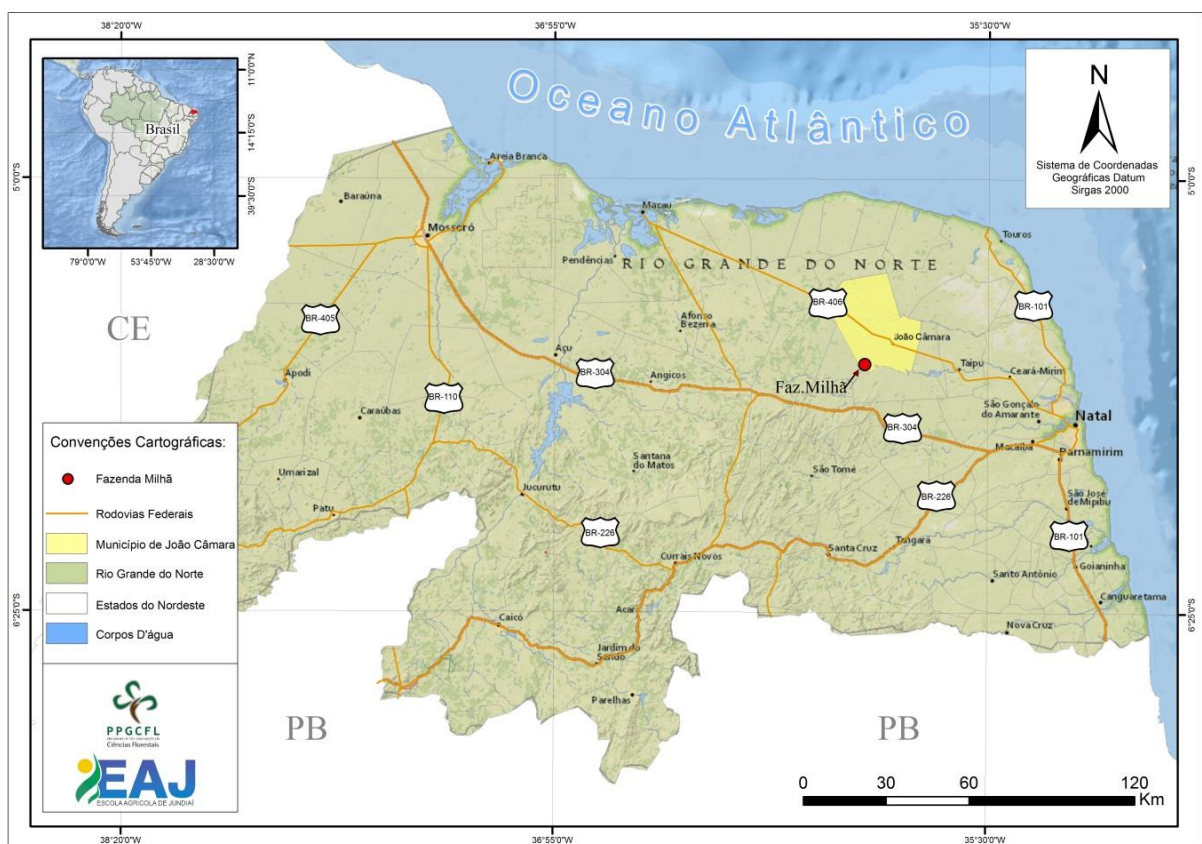


Figura 1. Mapa do Estado do Rio Grande no Norte, com destaque para o município de João Câmara/RN, Brasil, onde está localizada a área de estudo (Fonte: Iago Queiroz)

A área encontra-se sob manejo florestal sustentável para exploração de madeira, visando uso energético, desde o ano de 2003. No entanto, os cortes ocorreram de acordo com a demanda e, atualmente, 10 talhões já foram explorados (corte raso) (IDEMA, 2003). O ciclo de corte adotado na Fazenda Milhã/Poço da Pedra foi de 15 anos, respeitando o tempo mínimo proposto para a rotação da Caatinga (BRASIL, 2009).

De acordo com o mapeamento da cobertura florestal da área, realizado pelo Projeto PNUD/FAO/IBAMA (1992), a área pode ser classificada como sendo Caatinga arbustiva arbórea fechada (tipo 3), apresenta um porte médio de árvores de 3 a 5 m de altura, com alto grau de cobertura dos solos com presença de sub-bosque.

O clima predominante é, classificação de Kopen, tropical chuvoso com verão seco e a estação chuvosa que se adianta para outono. Já, de acordo com a classificação de Gausen esse é do tipo 3bTh, Mediterrâneo quente ou Nordeste de seca média com índice xerotérmico variando de 100 a 150 mm, com 5 a 6 meses secos. A temperatura média anual encontra-se em torno de 26 °C, com amplitude de 7° C e umidade relativa do ar com oscilação entre 50 e 80 %. Na área da fazenda onde foi desenvolvido o estudo há registros de precipitação média em torno de 900 mm anuais, com período chuvoso variando de fevereiro a setembro, irregularmente distribuída (PNUD/FAO/IBAMA, 1992). E com base nesses critérios, o Ministério da Integração Nacional, classificou a região onde está localizada a fazenda como semi-árido (BRASIL, 2005).

O relevo é plano em torno de 75 % e suave ondulado em torno de 25 % da sua área, fato que torna adequado ao uso de práticas agrícolas, mecanizáveis. O solo por sua vez é uma associação de: podzólico vermelho amarelo, equivalente eutrófico abrupto plintico textura média fase caatinga hiperxerófila relevo plano e planosol solódico com A fraco, fase Caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e solonetz solodizado textura indiscriminada fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado (CARVALHO 2013).

3.2 Distribuição das unidades amostrais

A partir do acesso ao plano de manejo da área foram distribuídas dez parcelas aleatórias em cada talhão, totalizando quarenta pontos (IDEMA, 2003), de modo que dentre os 15 talhões que estão sob manejo florestal naquela área, foram selecionados quatro em função das idades de exploração (Figura 2), a saber: Talhão 1 (T1): 12,3 anos; Talhão 8 (T8): 9,3 anos; Talhão 11 (T11): 7,2 anos e Talhão 6 (T6): 6,6 anos da última exploração ou corte.

Após a seleção dos talhões as 40 parcelas foram previamente demarcadas, georreferenciadas e mapeadas com auxílio de um GPS Garmin 62s. E através da marcação de cada um dos pontos localizados em campo, os seus quatro vértices foram demarcados utilizando piquetes baixos (0,50m) de madeira. Sendo cada unidade amostral (parcela) dimensionada em 400 m² (20 m x 20 m) e distribuída inteiramente ao acaso, considerando como aceitável um erro de $\pm 20\%$ para o volume, com 95% de probabilidade (MMA, 2005).

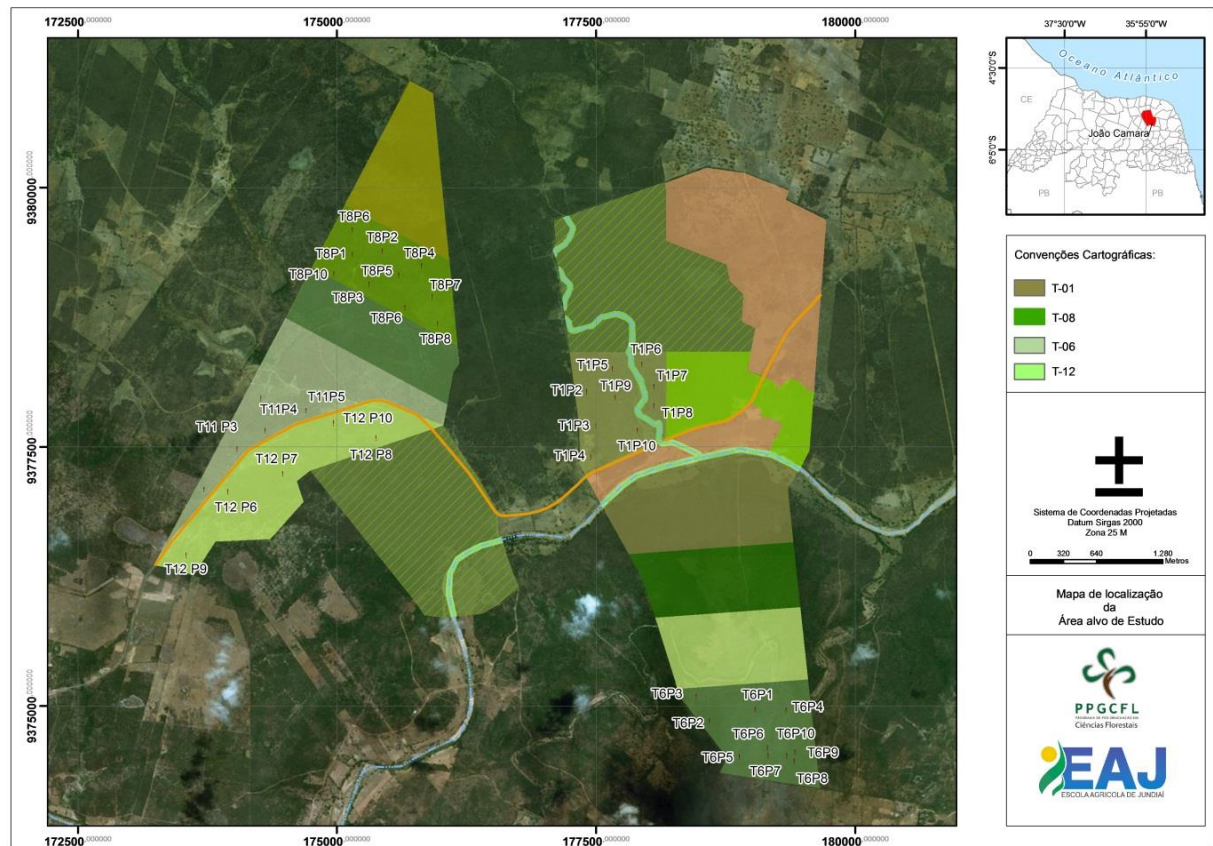


Figura 2. Unidades amostrais lançadas nos talhões em estudo (Fonte: Iago Queiroz)

3.3 Seleção de espécies representativas

Para o inventário dos indivíduos o nível de inclusão utilizado foi o CAP (circunferência a altura o peito) $\geq 6,0$ cm, sendo estes mensurados com fita métrica a 1,30 m de altura. O comprimento entre a base e o ápice de cada árvore (altura total) foi mensurado holisticamente, com aproximação de 10 cm (REDE DE MANEJO FLORESTAL DA CAATINGA, 2005). O reconhecimento das espécies deu-se por meio do nome vulgar e posterior confirmação do nome científico com auxílio de exsicata quando necessário.

A partir dos dados do inventário selecionaram-se as espécies mais importantes por talhão a partir do índice de valor de importância (IVI) da estrutura horizontal, que envolve os valores relativos médios entre a densidade (número de indivíduos por espécie), dominância (área basal da espécie) e frequência (proporção de parcela que aparece a espécie):

$$IVI = \frac{[DR+DoR+Fr]}{3} \quad (1)$$

Em que:

IVI = Índice de Valor de Importância

DR = Densidade Relativa

DoR = Dominância Relativa

Fr = Frequência Relativa

As espécies de maior IVI (onde a soma acumulada fosse maior ou igual a 70% do IVI total) foram listadas para serem cubadas e retiradas amostras de madeira. A seleção das árvores se deu pela identificação de três árvores de acordo com o diâmetro a altura do peito (DAP): uma árvore pequena ($\bar{x} - \sigma$), uma média (\bar{x}) e uma grande ($\bar{x} + \sigma$) de cada espécie.

3.4 Determinação do volume em lenho

As 21 árvores selecionadas, sendo três de cada espécie, foram seccionadas a 0,30 m do solo e mensurados os diâmetros de seções ao longo do fuste de cada árvore, na base, à 0,50 m, à 1,30 m e depois, a cada 0,50 m até a altura comercial da árvore (diâmetro de 1,6 cm). A cubagem foi realizada pelo método de Smalian para a totalização do volume total com casca de cada seção. O volume total da árvore foi determinado pelo somatório dos volumes individuais de cada seção (em m³).

O fator de forma para cada árvore cubada foi calculado pela razão entre o volume real (obtido pela cubagem da árvore) e o volume dessa árvore considerando a sua forma igual a de um cilindro (CAMPOS; LEITE, 2013; HUSCH; BEERS; KERSHAW JR., 2002):

$$ff_{1,3} = \left(\frac{V_{real}}{V_{cil}} \right) \quad (2)$$

em que:

ff = Fator de forma;

V_{real} = Volume real da árvore em m³, determinado pela cubagem;

V_{cil} = Volume do cilindro em m³, considerando a área seccional da árvore à 1,30 m (em m²) multiplicado pela altura total (em m).

Sendo o fator de forma médio calculado pela média dos fatores das árvores amostradas, e ponderadas pelos respectivos IVI das espécies.

3.5 Amostragem e análises das propriedades energéticas da madeira

Com base no levantamento florestal e conseqüentemente nos dados obtidos nas estruturas horizontais dos talhões considerando toda a área amostrada, definiu-se as sete espécies mais representativas e que refletem juntas, 90% do IVI (Tabela 2), para seleção de árvores-amostra.

De cada uma das 21 árvores-amostras definidas previamente, foram retirados discos de madeira com 15 cm de comprimento e espessuras variadas localizados na altura do diâmetro do peito - DAP (1,30 m de altura), tal abate das árvores foi feito nos talhões de forma aleatória considerando os quatro talhões estudados, com o objetivo de alcançar as espessuras pré-definidas para cada espécie de modo a melhor representar os dados levantados durante o inventário florestal.

Tabela 2. Espécies selecionadas para a cubagem e amostragem da madeira

Nome Científico	CAP (cm)*		
	ÁRVORE 1	ÁRVORE 2	ÁRVORE 3
<i>Poincianella pyramidalys</i> (Tul.) L. Q. Queiroz	8	16	24
<i>Caparis flexuosa</i> L	5	10	15
<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart	7	11	14
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	6	11	15
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poiret	5	9	14
<i>Croton sonderianus</i> Müll.Arg	6	9	11
<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart	9	19	29

*Os fustes selecionados variaram 1 cm para mais ou para menos.

As amostras foram encaminhadas aos Laboratórios de Qualidade da Madeira e Energia da Biomassa da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) para posteriores análises de densidade básica (DB), poder calorífico superior (PCS) e análise química imediata (AQI).

Em seguida, diante da composição dos talhões anteriormente apresentados, os materiais lenhosos relativos a cada uma das espécies (Tabela 2), tiveram uma parte dos discos cavaqueados e em seguidas triturados em um moinho Willey para a formação de serragem homogeneizada pela passagem em peneiras de 40 e 60 *mesh*.

A outra parte que não foi processada (cunhas) foi utilizada para a determinação da densidade básica pelo método de imersão em água, após completa saturação das amostras de madeira expressando seu valor como a média de duas cunhas opostas por disco NBR 11941

(ABNT, 2003). Após o deslocamento em água, as amostras foram secas em estufa a 103 ± 2 °C até massa constante para obtenção da massa seca.

Para a determinação da composição imediata, os procedimentos seguiram as descrições da ASTM E872-1982 (ASTM, 2006) para materiais voláteis, ASTM E1755-2001 (ASTM, 2007) para teores de cinzas, para determinação dos teores de materiais voláteis, teor de carbono fixo e teor de cinzas e porcentagem de carbono fixo determinada pelo cálculo da diferença:

$$\%CF = 100 - (\%MV + \%CZ) \quad (4)$$

em que:

$\%CF$ = porcentagem de carbono fixo;

$\%MV$ = porcentagem de materiais voláteis;

$\%CZ$ = porcentagem de cinzas.

O material utilizado para esta análise foi à serragem homogeneizada pela passagem na peneira com malha de 40 *mesh* e retida na de 60 *mesh*. A fração retirada foi posta para secar por cerca de 24h a 100°C de modo a ser utilizada com 0% de umidade. Todas as análises foram realizadas em amostras compostas.

O poder calorífico superior foi determinado em uma bomba calorimétrica adiabática, IKA C200, conforme metodologia descrita na norma ASTM D2015-1996 (ASTM, 2000). Com base nesses parâmetros a densidade energética foi calculada pelos produtos da densidade básica multiplicado pelo poder calorífico da madeira de cada uma das espécies analisadas.

3.6 Estimativa da idade de Rotação

A idade de rotação foi determinada com base na curva de crescimento ajustada utilizando as produtividades dos quatro talhões de diferentes idades de regeneração após corte raso (T1: 12,3 anos; T8: 9,3 anos; T11: 7,2 anos; T6: 6,6 anos). Onde uma curva de crescimento foi ajustada de modo que permitisse a prognose e estimação da idade de estagnação da área estudada. Essa estagnação definiu a idade de rotação (ciclo de corte).

A equação que melhor representou os dados foi à função não linear e sigmoidal de Weibull. Para o ajuste dessa equação foi utilizado o software CurvExpert 1.3.

Tal função possui plasticidade, o que possibilita delinear diferentes tendências de crescimento (CAMPOS; LEITE, 2013), sendo:

$$Volume \left(\frac{m^3}{ha} \right) = \beta_0 - \beta_1 \cdot e^{-\beta_2 \cdot Idade^{\beta_3}} \quad (3)$$

Em que:

β_i = são os parâmetros do modelo;

e = é o exponencial.

Para obter a idade ótima de corte foram calculados os Incrementos Correntes Anuais (ICA) e os Incrementos Médios Anuais (IMA) que avaliam o quanto a floresta cresceu em volume no último ano e o crescimento médio da floresta até aquela idade, respectivamente (IMAÑA-ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005). A idade de corte é definida pelo ponto máximo do IMA, que também coincide com o encontro das curvas de ICA e IMA (CAMPOS; LEITE, 2013).

3.7 Análises dos dados

Os dados foram analisados por meio de um delineamento inteiramente casualizados (DIC), com três repetições. Os mesmos foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov para verificação da normalidade dos resíduos e Levene para homocedasticidade das variâncias. As variáveis obtidas nas análises químicas imediatas e densidade básica da madeira foram submetidas ao teste F da análise de variância (ANOVA) e quando significativas, submetidas ao teste de médias Tukey. Todos os testes foram realizados a 95% de probabilidade com o auxílio do software R Core Team, versão 2.13.1 e pacote estatístico ExpDes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram mensurados 1.517 indivíduos e identificadas 24 espécies arbóreas nos quatro talhões estudados, e através do levantamento florestal obteve-se também a análise fitossociológica (Tabelas 1 a 4) onde observou-se a sucessão das espécies. Essa sucessão de espécies é uma tendência e ocorre porque as populações destinam-se a modificar o ambiente em que estão gerando condições favoráveis para outras populações (ODUM, 2001).

Tabela 3. Estimativa dos parâmetros da estrutura horizontal das espécies no talhão 6 (6,6 anos de idade) amostrados após o corte raso. Onde, DA = Densidade Absoluta, em árv.ha⁻¹; FA = Frequência Absoluta, em árv.ha⁻¹; DoA = Dominância Absoluta, em m².ha⁻¹; DR = Densidade Relativa, em %; FR = Frequência Relativa, em %; DoR = Dominância Relativa, em %; IVI = Índice de Valor de Importância, em %

Nome vulgar	Espécie	DA	FA	DoA	DR	FR	DoR	IVI
Jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora</i>	125,00	0,89	0,29	56,96	34,78	71,63	54,46
Marmeleiro	<i>Croton sonderianus</i>	38,89	0,33	0,03	17,72	13,04	7,48	12,75

Nome vulgar	Espécie	DA	FA	DoA	DR	FR	DoR	IVI
Catingueira	<i>Poincianella pyramidalys</i>	16,67	0,44	0,01	7,59	17,39	2,48	9,16
Jurema branca	<i>Piptadenia stipulacea</i>	16,67	0,22	0,05	7,59	8,70	11,10	9,13
Juazeiro	<i>Ziziphus joazeiro</i>	5,56	0,22	0,00	2,53	8,70	0,98	4,07
Feijão bravo	<i>Caparis flexuosa</i>	8,33	0,11	0,01	3,80	4,35	2,30	3,48
Quixabeira	<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	2,78	0,11	0,01	1,27	4,35	3,10	2,90
Icó	<i>Capparis yco</i>	2,78	0,11	0,00	1,27	4,35	0,88	2,17
Pereiro	<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	2,78	0,11	0,00	1,27	4,35	0,03	1,88
Total		219,44	2,56	0,41	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabela 4. Estimativa dos parâmetros da estrutura horizontal das espécies no talhão 12 (7,2 anos de idade) amostrados após o corte raso. Onde, DA = Densidade Absoluta, em árv.ha⁻¹; FA = Frequência Absoluta, em árv.ha⁻¹; DoA = Dominância Absoluta, em m².ha⁻¹; DR = Densidade Relativa, em %; FR = Frequência Relativa, em %; DoR = Dominância Relativa, em %; IVI = Índice de Valor de Importância, em %

Nome vulgar	Espécie	DA	FA	DoA	DR	FR	DoR	IVI
Jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora</i>	97,50	0,70	0,21	21,08	14,00	38,12	24,40
Jurema branca	<i>Piptadenia stipulacea</i>	85,00	0,90	0,09	18,38	18,00	16,52	17,63
Catingueira	<i>Poincianella pyramidalys</i>	92,50	0,90	0,07	20,00	18,00	13,66	17,22
Marmeleiro	<i>Croton sonderianus</i>	67,50	0,50	0,04	14,59	10,00	7,72	10,77
Pereiro	<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	30,00	0,40	0,02	6,49	8,00	3,92	6,14
Feijão bravo	<i>Caparis flexuosa</i>	30,00	0,40	0,02	6,49	8,00	3,47	5,99
Quixabeira	<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	17,50	0,20	0,04	3,78	4,00	7,62	5,13
Mofumbo	<i>Combretum leprosum</i>	22,50	0,40	0,01	4,86	8,00	1,36	4,74
Juazeiro	<i>Ziziphus joazeiro</i>	5,00	0,10	0,03	1,08	2,00	5,42	2,83
Sabiá	<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	5,00	0,20	0,01	1,08	4,00	1,01	2,03
Ameixa	<i>Ximenia americana</i>	5,00	0,10	0,00	1,08	2,00	0,55	1,21
João Mole	<i>Guapira hirsuta</i>	2,50	0,10	0,00	0,54	2,00	0,49	1,01
Icó	<i>Capparis yco</i>	2,50	0,10	0,00	0,54	2,00	0,14	0,89
Total		462,00	5,00	0,54	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabela 5. Estimativa dos parâmetros da estrutura horizontal das espécies no talhão 8 (9,3 anos de idade) amostrados após o corte raso. Onde, DA = Densidade Absoluta, em árv.ha⁻¹; FA = Frequência Absoluta, em árv.ha⁻¹; DoA = Dominância Absoluta, em m².há⁻¹; DR = Densidade Relativa, em %; FR = Frequência Relativa, em %; DoR = Dominância Relativa, em %; IVI = Índice de Valor de Importância, em %

Nome Vulgar	Espécie	DA	FA	DoA	DR	FR	DoR	IVI
Marmeleiro	<i>Croton sonderianus</i>	675,00	0,70	0,41	49,09	10,77	29,13	29,66
Jurema branca	<i>Piptadenia stipulacea</i>	272,50	0,80	0,27	19,82	12,31	19,57	17,23
Jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora</i>	97,50	0,90	0,29	7,09	13,85	20,83	13,92
Catingueira	<i>Poincianella pyramidalys</i>	137,50	1,00	0,21	10,00	15,38	14,78	13,39
Sabiá	<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	65,00	0,40	0,07	4,73	6,15	5,23	5,37
Mofumbo	<i>Combretum leprosum</i>	45,00	0,40	0,04	3,27	6,15	3,13	4,19
Pereiro	<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	20,00	0,40	0,01	1,45	6,15	0,77	2,79
Imburana	<i>Amburana cearensis</i>	12,50	0,40	0,01	0,91	6,15	0,95	2,67

Nome Vulgar	Espécie	DA	FA	DoA	DR	FR	DoR	IVI
João mole	<i>Guapira hirsuta</i>	5,00	0,20	0,03	0,36	3,08	2,42	1,95
Pinhão	<i>Jatropha mollissima</i>	7,50	0,30	0,01	0,55	4,62	0,51	1,89
Joazeiro	<i>Ziziphus joazeiro</i>	5,00	0,20	0,01	0,36	3,08	0,77	1,40
Quixabeira	<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	5,00	0,20	0,01	0,36	3,08	0,43	1,29
Feijão bravo	<i>Caparis flexuosa</i>	5,00	0,20	0,00	0,36	3,08	0,32	1,25
Tiririca	<i>Cyperus rotundus</i>	15,00	0,10	0,01	1,09	1,54	0,45	1,02
Jucá	<i>Libidibia ferrea</i>	2,50	0,10	0,01	0,18	1,54	0,52	0,75
Amorosa	<i>Andira anthelmia</i>	2,50	0,10	0,00	0,18	1,54	0,14	0,62
Mororó	<i>Bauhinia cheilantha</i>	2,50	0,10	0,00	0,18	1,54	0,06	0,59
Total		1375,00	6,50	1,40	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabela 6. Estimativa dos parâmetros da estrutura horizontal das espécies no talhão 1 (12,3 anos de idade) amostrados após o corte raso. Onde, DA = Densidade Absoluta, em árv.ha⁻¹; FA = Frequência Absoluta, em árv.ha⁻¹; DoA = Dominância Absoluta, em m².há⁻¹; DR = Densidade Relativa, em %; FR = Frequência Relativa, em %; DoR = Dominância Relativa, em %; IVI = Índice de Valor de Importância, em %

Nome vulgar	Espécie	DA	FA	DoA	DR	FR	DoR	IVI
Catingueira	<i>Poincianella pyramidalys</i>	716,67	1,00	3,90	35,88	12,16	57,83	35,29
Marmeleiro	<i>Croton sonderianus</i>	611,11	1,00	0,51	30,60	12,16	7,54	16,77
Pereiro	<i>Aspidosperma pyriforme</i>	208,33	1,00	1,28	10,43	12,16	18,92	13,84
Jurema branca	<i>Piptadenia stipulacea</i>	283,33	0,89	0,49	14,19	10,81	7,30	10,77
Jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora</i>	41,67	0,78	0,28	2,09	9,46	4,10	5,22
Feijão bravo	<i>Caparis flexuosa</i>	16,67	0,67	0,09	0,83	8,11	1,28	3,41
Pinhão	<i>Jatropha mollissima</i>	30,56	0,56	0,04	1,53	6,76	0,53	2,94
Juazeiro	<i>Ziziphus joazeiro</i>	19,44	0,44	0,04	0,97	5,41	0,65	2,34
Jucá	<i>Libidibia ferrea</i>	25,00	0,22	0,02	1,25	2,70	0,29	1,42
João mole	<i>Guapira hirsuta</i>	5,56	0,22	0,05	0,28	2,70	0,75	1,24
Amorosa	<i>Andira anthelmia</i>	8,33	0,22	0,02	0,42	2,70	0,26	1,13
Bugi	<i>Combretum laxum</i>	5,56	0,22	0,01	0,28	2,70	0,10	1,03
Mofumbo	<i>Combretum leprosum</i>	5,56	0,22	0,01	0,28	2,70	0,08	1,02
Imburana	<i>Amburana cearensis</i>	5,56	0,22	0,01	0,28	2,70	0,07	1,02
Canela de veado	<i>Helietta apiculata</i>	2,78	0,11	0,01	0,14	1,35	0,13	0,54
Burra leiteira	<i>Sapium argutum</i>	2,78	0,11	0,00	0,14	1,35	0,07	0,52
Cumarú	<i>Dipteryx odorata</i>	2,78	0,11	0,00	0,14	1,35	0,07	0,52
Bufa de raposa	Não identificada	2,78	0,11	0,00	0,14	1,35	0,01	0,50
Mororó	<i>Bauhinia cheilantha</i>	2,78	0,11	0,00	0,14	1,35	0,01	0,50
Total		1997,22	8,22	6,75	100,00	100,00	100,00	100,00

No talhão 6 (tabela 3) a jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) apresentou maior densidade e dominância relativas, 56,96% e 71,63%, respectivamente. Seguida pelo marmeleiro (*Croton sonderianus*) com 17,72% e 7,48%. Das nove espécies identificadas, sete foram selecionadas para amostragem (tabela 2) totalizando juntas 94,93% do Índice de Valor de Importância (IVI).

No talhão 12 (tabela 4) foram identificadas 13 espécies, e a jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) continuou apresentando maior densidade e dominância relativas, 21,08% e 38,12%, respectivamente. Seguida dessa vez pela jurema branca (*Piptadenia stipulacea*) com 18,38% e 16,52%, respectivamente. As sete espécies selecionadas para amostragem obtiveram 84,98% de IVI nesse talhão.

Para o talhão 8 (tabela 5) a jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) apresentou decréscimo tanto para a densidade relativa (7,09%) quanto para a dominância relativa (20,83%). Sendo o marmeleiro a espécie de destaque (*Croton sonderianus*) com 49,09% e 29,13%, respectivamente. As sete espécies selecionadas para amostragem obtiveram 79,64% de IVI das 17 espécies identificadas.

Por fim, para o talhão 1 (tabela 6) o levantamento obteve 19 espécies e a catingueira (*Poincianella pyramidalys*) se destacou aos valores referentes da densidade relativa (38,88%) e dominância relativa (57,83%). E a jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) por sua vez continuou a decair com 2,09% para a densidade relativa e 4,10% para a dominância relativa. As sete espécies selecionadas para amostragem obtiveram 87,64% de IVI nesse talhão.

Desse modo sabe-se que ao longo do tempo a tendência é o surgimento de novas espécies em detrimento da diminuição relativa de outras, o que pode ser visto nas tabelas 1 e 4. Vê-se, também, que com o passar do tempo às espécies que possuem maior dominância inicialmente, passam a dividir espaço com outras, aumentando assim a diversidade de espécies na área, o que tende a acarretar uma maior produtividade em madeira.

Contudo, Medeiros Neto, Oliveira e Paes (2014), ao estudarem madeiras da Caatinga, alegam que somente com conhecimento das correlações entre as características da madeira é possível definir a melhor utilização do material. O que demonstra a importância de estudos voltados a qualidade da madeira das espécies de maior relevância da área.

Tal estudo em áreas manejadas é fundamental para o planejamento de uso e a sua exploração sustentada, ademais, o Manejo Florestal Sustentado é o método de exploração da floresta que garante sua regeneração, visando à obtenção de benefícios econômicos e sociais. Assim, o uso racional da Caatinga, através do manejo, apresenta-se como uma alternativa mais viável na região para a produção sustentada de produtos florestais. Além disso, tal distribuição horizontal observada nesse estudo levanta a questão sobre o uso do corte seletivo em detrimento ao usual nas áreas sob manejo florestal na Caatinga que é o corte raso, onde todos os indivíduos são abatidos independentemente da sua utilização ou não. Visto que tal abate ainda é feito de forma não mecanizada, o corte seletivo se constitui uma ótima opção.

O fator de forma médio obtidos das árvores amostradas foi de 0,91. Valor esse, correlato aos encontrados em outros estudos para a mesma vegetação por Souza et al (2016) e Zákia et al. (1992) com 0,88 e 0,90, respectivamente, bem como, análogo ao recomendado pela Rede de Manejo Florestal da Caatinga (2005) que é de 0,90. Esse fator foi utilizado para calcular o volume de todas as árvores de todas as parcelas e talhões.

A Tabela 7 mostra o volume médio de madeira (m³/ha) dos talhões estudados, bem como o coeficiente de variação – CV (%) e o erro amostral (%).

Tabela 7. Volume médio por talhão

Talhão	Volume médio (m ³ /ha)
1 (12,3 anos)	29,05
8 (9,3 anos)	3,95
12 (7,2 anos)	1,24
6 (6,6 anos)	1,04

*Erro amostral estratificado da área total 13,24 %

Com base na tabela acima, pode-se inferir que quanto mais velho o talhão (corte mais antigo), maior sua regeneração em lenho e conseqüentemente, maior sua produtividade volumétrica, no entanto é importante lançar parcelas permanentes visando o estudo da regeneração, bem como o levantamento envolvendo dados climáticos da região no período do estudo, de modo a se obter dados edafoclimáticos mais precisos. Dessa forma é preciso ressaltar a necessidade da implantação e utilização de áreas manejadas.

Ainda na Tabela 7, é interessante também observar que o erro amostral estratificado da área total (13,24 %) foi inferior ao valor máximo admitido (20%), o que demonstra que o número de unidades amostrais foi suficiente, sendo assim representativos e conseqüentemente, gerando dados com grau de confiança elevado.

O aumento na produtividade de madeira é consequência da sucessão ecológica no povoamento florestal, pois o volume em madeira tende a aumentar, devido ao crescimento das árvores durante a regeneração. Porém é importante lembrar que cada espécie tem uma estocagem energética diferente. O que justifica o estudo referente à qualidade da madeira da área.

Desse modo para avaliar tal qualidade da madeira podemos observar os resultados da análise imediata da madeira das sete espécies que estão apresentados na Figura 3 abaixo.

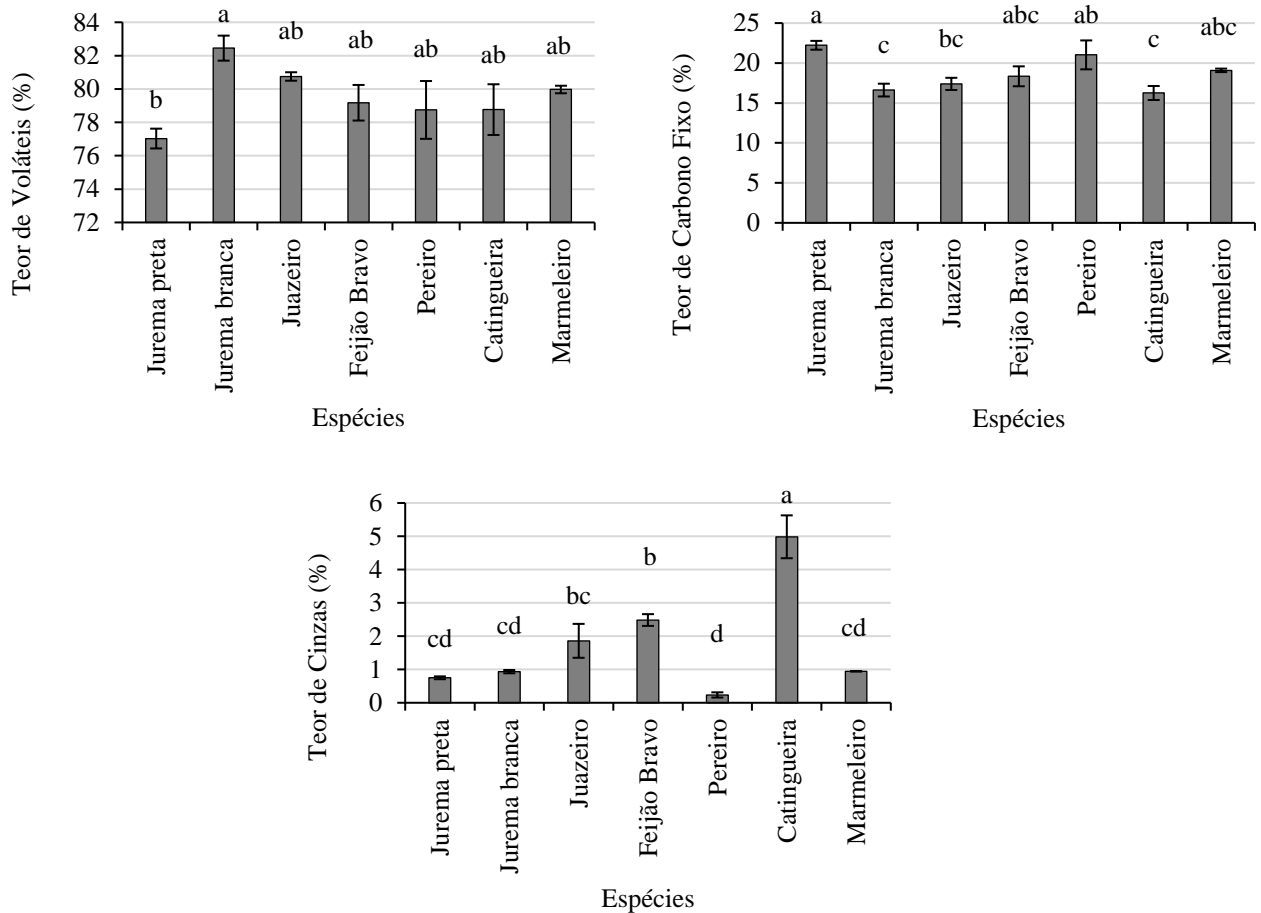


Figura 3. Composição imediata das espécies estudadas (Médias seguidas da mesma letra entre as espécies, para uma mesma variável, não diferem entre si, a 5 % de significância, pelo teste Tukey)

Observa-se que o menor teor de materiais voláteis da madeira (77,03%) foi detectado na madeira de jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), e o maior teor (82,45%), detectado na madeira da espécie de jurema branca (*Piptadenia stipulacea*), sendo estes diferentes estatisticamente. No entanto as demais espécies não apresentaram diferenças significativas, compreendendo o intervalo entre as duas espécies anteriormente supracitadas.

As espécies jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), pereiro (*Aspidosperma pyriforme*) e marmeleiro (*Croton sonderianus*) foram as que apresentaram maiores valores médios para o teor de carbono fixo na madeira, 22,22%, 21,02% e 19,08%, respectivamente, os quais não diferiram entre si. Já a jurema branca (*Piptadenia stipulacea*) e a catingueira (*Poincianella pyramidalis*) apresentaram os menores valores, 16,61% e 16,25%, respectivamente, e também não apresentaram diferença significativa entre si. A variação do carbono fixo da encontra-se na faixa entre 15% e 25% o que é esperado para madeiras de folhosas (BRITO;

BARRICHELO, 1982). A variação dos teores de cinzas da madeira foi de 0,23% para o pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) e 4,98% para a catingueira (*Poincianella pyramidalys*).

De forma geral, os valores para os teores de materiais voláteis e de carbono fixo se encontram de acordo com o apresentado pela literatura para a maioria das madeiras de espécies lenhosas, sendo o teor de carbono fixo a variável mais desejável para uso em combustão direta de biomassa (DEMIRBAS, 2001; KUMAR et al., 2010). Já elevados teores de cinzas na madeira não é benéfico, pois, possivelmente, irá resultar em um elevado conteúdo de minerais, podendo ainda comprometer o poder calorífico do combustível (DIAS JÚNIOR et al., 2018).

O poder calorífico superior da madeira, das sete espécies estudadas, é apresentado na Figura 4, onde o poder calorífico superior da madeira das sete espécies variou de 4.897kcal.kg⁻¹ para jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) a 4.011 kcal.kg⁻¹ para juazeiro (*Ziziphus joazeiro*).

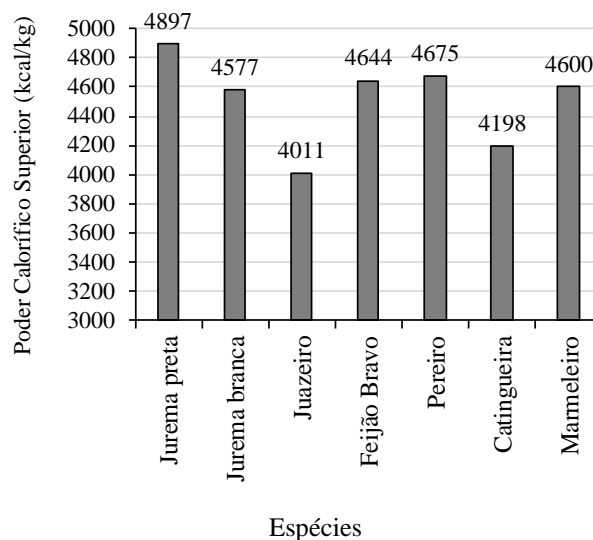


Figura 4. Valores médios para o poder calorífico superior das sete espécies estudadas

Vale salientar que o poder calorífico da madeira sofre influência negativa do teor de cinzas. Assim, verifica-se que as espécies que apresentaram os menores valores de poder calorífico obtiveram, de modo geral, os maiores valores médios de teores de cinzas. Bem como é interessante ressaltar que quanto maior o teor de carbono fixo, maior o poder calorífico, uma vez que a madeira libera energia por mais tempo durante o processo de combustão.

Espera-se que a elevação do teor de carbono fixo, incremente o poder calorífico, uma vez que a madeira libera energia por mais tempo durante o processo de combustão (SOARES

et al., 2015; SILVA et al., 2014). Segundo os autores, a quantidade de calor desprendida da madeira é muito importante para conhecer o potencial energético de uma espécie, sendo assim, o poder calorífico é uma variável amplamente utilizada para caracterizar as espécies com fins energéticos, uma vez que está relacionada com a quantidade de energia liberada pela madeira durante a sua queima (CARNEIRO et. al., 2014).

Além disso, a capacidade energética de determinada espécie é influenciada, principalmente, pela composição química da madeira, particularmente pelos teores de extrativos e lignina (DEMIRBAS, 2001). Santos et al. (2013) obtiveram valores de $4.442 \text{ kcal.kg}^{-1}$ para a madeira de catingueira (*Poincianella pyramidalis*), resultado semelhante ao encontrado neste trabalho.

A densidade básica da madeira das espécies selecionadas, como pode ser observada, na Figura 5, apresenta uma variação de 587 kg/m^3 a 758 kg/m^3 .

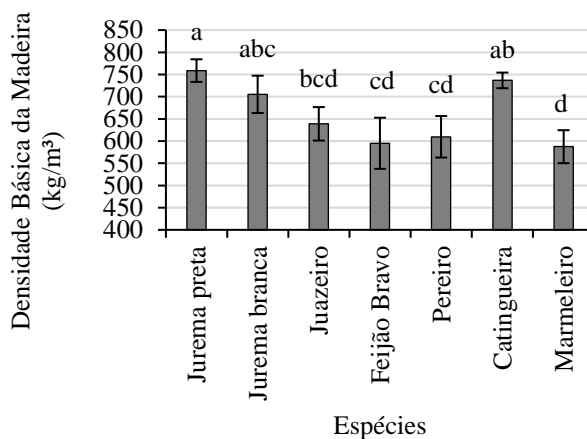


Figura 5. Densidade básica da madeira em kg/m^3 por espécie (Médias seguidas da mesma letra entre as espécies, para uma mesma variável, não diferem entre si, a 5 % de significância, pelo teste Tukey)

Essas sete espécies são responsáveis por 90% do IVI dos indivíduos da área. E dentre elas se destacam três: jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), catingueira (*Poincianella pyramidalis*) e jurema branca (*Piptadenia stipulacea*) apresentando as maiores densidades, não havendo diferença significativa estatisticamente entre elas.

Vale ressaltar que a velocidade da queima bem como a produção de energia em si depende diretamente da densidade básica da madeira, onde o uso de madeiras com baixa densidade implica em uma queima rápida e numa menor produção de energia por unidade de volume, ocorrendo o inverso quando a madeira utilizada possui uma maior densidade. Entretanto, quando a densidade é muito elevada ocorre dificuldade de iniciar a queima do

material. Assim para a queima direta sugere-se a faixa intermediária entre madeiras médias e madeiras duras, de modo a facilitar o início da queima.

Ao se considerar a quantidade de energia por unidade de volume, destaque deve ser dado à espécie jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), pois a densidade energética da espécie observada foi de 3.716 kcal.m⁻³ (Figura 6) atrelada ainda a elevados valores de carbono fixo, poder calorífico superior e densidade básica, além de baixo teor de cinzas.

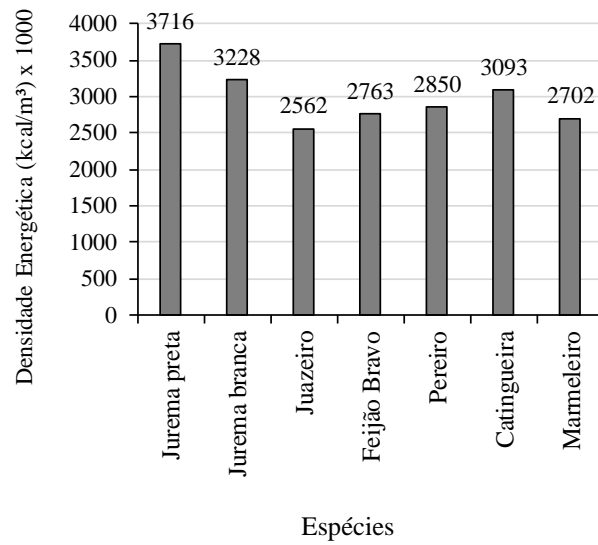


Figura 6. Densidade energética da madeira em kcal/m³ por espécie

A densidade energética é proporcional à densidade básica da madeira das espécies estudadas, pois ela representa a quantidade de energia que pode ser liberada após a combustão completa de um determinado combustível (PROTÁSIO et al., 2012; PROTÁSIO et al., 2013). Sendo assim, as diferenças observadas podem ser atribuídas às distintas densidades de cada material e a densidade básica pode ser considerada o principal índice de qualidade para o uso energético dos combustíveis de biomassa, pois influencia diretamente a densidade energética.

Ao analisar a Figura 7, observa-se a ocorrência de efeito significativo da idade na quantidade de biomassa (kg/m³), onde o talhão mais velho (12,3 anos) se destaca aos demais, com 20,75 t.ha⁻¹, valor superior 96,62% do talhão mais jovem (6,6 anos) que obteve 0,70 t.ha⁻¹.

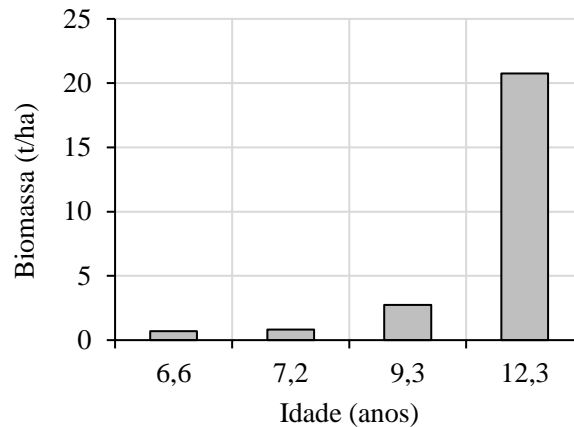


Figura 7. Volume de biomassa em t/ha por idade dos talhões em anos

Analisando a Figura 8, conclui-se que ao relacionar a energia estocada (kcal ha^{-1}) com a idade dos diferentes talhões, o com maior tempo de implantação (12,3 anos) se sobressai aos demais com $92.369 \text{ kcal.ha}^{-1}$ onde esse valor é 96,41% superior ao encontrado no talhão mais jovem (6,6 anos) com $3.316 \text{ kcal.ha}^{-1}$. Através de tal informação vê-se a importância da prática do manejo florestal, visto que com o mesmo pode-se obter o aumento na produtividade em lenho.

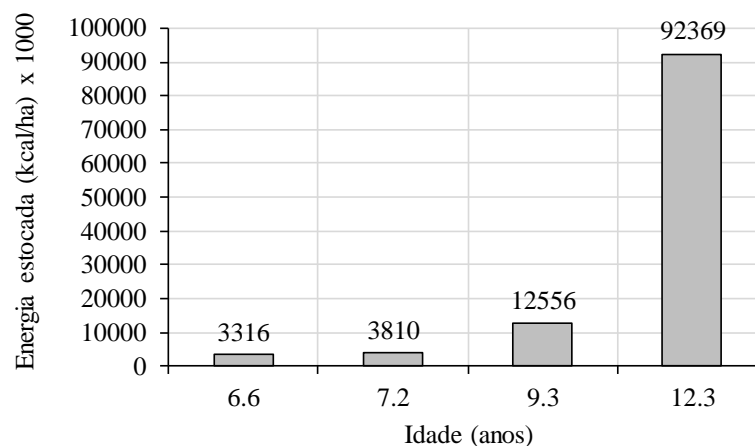


Figura 5. Energia estocada em kcal/ha por idade dos talhões em anos

A quantidade de energia estocada é superior quando mais velho é o talhão (maior intervalo de corte) e tal característica tende a aumentar conforme aumenta esse intervalo de corte da área, de modo a corroborar com a importância de manejar as áreas de interesse para extração de lenha visando aumentar a produtividade em lenho das áreas a serem exploradas.

Em ambos os casos (figura 7 e 8) tanto a quantidade de biomassa quanto a energia estocada se deve em grande parte a estrutura dos talhões estudados, visto que o mais antigo

(12,3 anos) apresenta uma maior diversidade de espécie, além de possuir indivíduos mais robustos.

Apesar de o presente trabalho avaliar apenas o potencial energético da área de estudo, é importante destacar a importância que o plano de manejo florestal representa ao ser implantado em áreas florestais, pois o mesmo tem o objetivo de manter o sistema sustentável e conseqüentemente auxilia no equilíbrio do ecossistema, além de favorecer o crescimento e a manutenção de espécies arbóreas de interesse, visto que, o plano de manejo preconiza o pousio da área através de um ciclo de rotação.

Deste modo surge a necessidade de conhecer a idade ideal de corte de cada talhão e com base no inventário dos talhões com diferentes idades e utilizando estimativas de produção em diferentes pontos no tempo dos talhões estudados, foi possível ajustar curvas de crescimento visando estimar a produção futura (Figura 9), onde se destaca a regeneração que só tem seu início após os cinco anos de pousio, iniciando-se quase aos seis anos após o corte ter ocorrido.

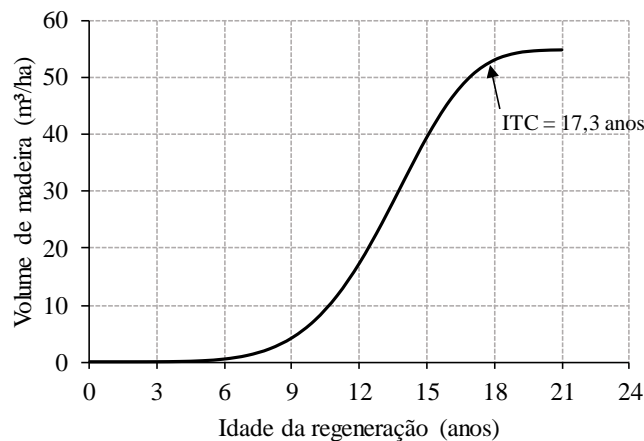


Figura 9. Idade técnica de corte considerando a produção em volume de madeira pela idade de regeneração

E apesar da idade de corte indicada em planos de manejo sustentável na caatinga ser de 15 anos (MEUNIER, 2014), a curva de crescimento apresentada na Figura 3, demonstra que, para a Fazenda Minhã/Poço da Pedra, a idade técnica de corte (ITC) é de 17,3 anos, visto que esse tempo é o mais indicado quanto à regeneração da vegetação do local. No entanto, a tomada de decisão na escolha do momento ideal de corte é feita de forma independente para cada talhão ignorando o estágio de ordenamento dos mesmos, visando garantir o processo de produção mais uniforme possível ao longo dos anos.

Na Figura 10 além da ITC, distinguem-se as curvas de Incremento Corrente Anual (ICA) e Incremento Médio Anual (IMA). Nota-se que a curva de ICA atinge um máximo

antes da curva de IMA, e que as duas curvas se cruzam no ponto de máximo IMA (RODRIGUES, 1991).

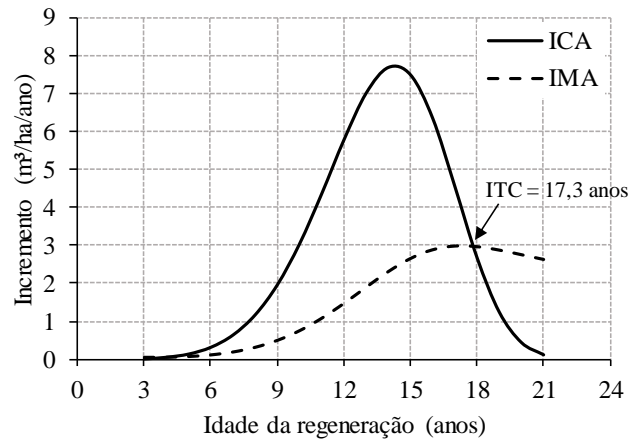


Figura 10. Incrementos volumétricos médios e correntes anual considerando a idade de regeneração

Assim, a idade de máximo ITC pode ser facilmente identificada pelo cruzamento das curvas de IMA e ICA. As linhas mostram a evolução de IMA e ICA, tornando possível avaliar o ponto de maturação para corte no cruzamento dessas duas curvas. Assim, quando as duas curvas tracejada e cheia se cruzam no ponto de máximo IMA, tem-se definida a idade de corte segundo o critério volumétrico.

5. CONCLUSÕES

Os talhões estudados possuem potencial energético, onde o mais antigo (Talhão 1 – 12,3 anos) apresenta maior crescimento em lenho e diversidade. Dentre as espécies estudadas, a jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) se sobressai quanto à produção de energia, se destacando por possuir valores altos de carbono fixo, poder calorífico superior e densidade básica, além de baixo valor de cinzas, podendo a mesma ser indicada para implantação de floresta energética. O ajuste das curvas de crescimento e de produção para estimativas da produção futura sugere o corte das espécies da Caatinga em idade de 17,3 anos de regeneração. Por fim, vale ressaltar que apesar do tal estudo ter sido conduzido numa área sob manejo florestal, não foi avaliado aspectos ambientais, sociais e econômicos, sendo necessário investigações futuras para melhor entendimento.

LITERATURA CITADA

_____- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11491**: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

_____- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard D2015, 1996 (2000)**, Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke by the Adiabatic Bomb Calorimeter, 2000.

_____- ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard E872, 1982 (2006)**, Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis of Particulate Wood Fuels. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2006.

_____- ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard E1755, 2001 (2007)**, Standard Test Method for Ash in Biomass. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007.

ALVAREZ, Ivan Andre; OLIVEIRA, Anderson Ramos de. Portal Dia de Campo. **Artigos especiais**. Manejo da Caatinga é essencial ao desenvolvimento do Semiárido, 2013. Disponível em: < <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/948634>>

ALVES JUNIOR, Francisco Tarcisio et al. Regeneração natural de uma área de caatinga no sertão Pernambucano, nordeste do Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 2, p. 229-235, June 2013. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-77602013000200006&script=sci_abstract&tlng=pt>

AMAZONAS, Nino Tavares et al. High diversity mixed plantations of *Eucalyptus* and native trees: An interface between production and restoration for the tropics. **Forest Ecology and Management**, n. 417, p. 247–256, 2018. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037811271732042X>>

ANDRADE-LIMA, Dárdano. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, p. 149-153, 1981. Disponível em: < <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAgQVcAJ/the-caatinga-dominium> >

ARAÚJO, Lúcio Valério Coutinho de; PAULO, Manuel Carlos de Sousa; PAES, Juarez Benigno. Características dendrométricas e densidade básica da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) de duas regiões do estado da Paraíba. **Revista Caatinga**, v.20, 2007. Disponível em: < <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/423>>

BERSCH, Aline Patrícia et al. Caracterização energética da madeira de três materiais genéticos de *Eucalyptus sp.* **Floresta**, [s.l.], v. 48, n. 1, p.87-92, 13 mar. 2018. Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/51673>>

BEZERRA, Joel M. et al. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18 (1), 73–84, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n1/v18n1a10.pdf>>

BOTREL, Maria Carolina Gaspar. **Melhoramento genético do *Eucalyptus* para biomassa florestal e qualidade do carvão vegetal**. 2006. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/html/488/48831304/>>

BRAND, Martha Andreia. Potencial de uso da biomassa florestal da caatinga, sob manejo sustentável, para geração de energia. **Ciênc. Florest.**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 117-127, Mar. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982017000100117&lng=en&nrm=iso>

BRAND, Martha Andreia; MUÑIZ, Graciela Inês Bolzon de. Influência da época de colheita da biomassa florestal sobre sua qualidade para a geração de energia. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 619-628, dez. 2010. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr88/cap08.pdf>>

BRASIL. Instrução normativa nº1, de 25 de junho de 2009. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável-PMFS da Caatinga e suas formações sucessoras, e dá outras providências. **Diário Oficial da república Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 26 jul. 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/203/_arquivos/in_01_250609_manejo_florestal_caatinga_203_1>

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 maio 2012. Disponível em: <<http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/lei-no-12651-de-25-de-maio-de-2012-lei-florestal.pdf>>

BRASIL. Ministério da Integração Nacional – MIN. **Nova delimitação do Semi-árido brasileiro**. Brasília: MIN/Secretária de Desenvolvimento Regional, 2005. 33 p.

BRAUN-BLANQUET, Josias. Fitosociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales. **Aum.Blume**, Madrid, ed. 3, 1979. Disponível em: <http://www.floramontiberica.org/entrada_Braun-Blanquet.htm>

BRITO, José Otávio, BARRICHELO, Luiz Ernesto George; ESALQ-USP; **Aspectos Técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis**; In: 2º Seminário de Abastecimento Energético Industrial com Recursos Florestais; p.101-137; São Paulo; 1982.

BRITO, José Otávio et al. Florestas energéticas. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da (Ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1. p. 735-751, 2008.

BRITO, José Otávio. O uso energético da madeira. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.21, n.59, p.185-193, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a14v2159.pdf>>

CALLEGARO, Rafael Marian et al. Composição das categorias sucessionais na estrutura horizontal, vertical e diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista Montana. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 11, n. 4, p.350-358, 30 dez. 2016. Disponível em: <http://agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v11i4a5406>

CAMPOS, João Carlos Chagas; LEITE, Helio Garcia. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 2013. 605p.

CAMPOS, Oswaldo Joaquim. **Cubagem de árvores**. Dissertação (Mestrado). Programa de Mestrado Profissional em Matemática. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/123279/327161.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

CARIELLO, Rafael Vigneron. **Considerações sobre a exploração florestal de impacto reduzido**. Dissertação (Mestrado). Seropédica-RJ, 2008. 34 p. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/inst/monografia/Rafael_Vigneron_Cariello.pdf>

CARNEIRO, Angélica de Cássia Oliveira et al. Potencial energético da madeira de Eucalyptus sp. em função da idade e de diferentes materiais genéticos. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 375-381, Apr. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622014000200019&lng=en&nrm=iso>

CARVALHO, Adailton José Epaminondas de. **Plano de manejo florestal: Fazenda Milhã/Poço da Pedra**. Florescer Projetos e Consultoria Ambiental Ltda, Natal/RN, set. 2003.

CARVALHO, Adailton José Epaminondas de et al. Potencial econômico de recursos florestais em áreas de assentamento do Rio Grande do Norte. Ministério do Meio Ambiente. Natal, RN. 2000. **Boletim Técnico**. 1

CARVALHO, Anelena Lima de. **Regeneração natural de uma área manejada na Floresta Estadual do Antimary, estado do Acre**. 2017. 80 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2017. Disponível em: <<http://bdtd.inpa.gov.br/bitstream/tede/2460/5/Anelena%20Lima%20de%20Carvalho.pdf>>

ÇENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A. **Termodinâmica**. 7ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 1048 p.

CHAVES, Antonio M. Brito et. al. Características energéticas da madeira e do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus spp*. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer. Goiânia, v. 9, n. 17, p. 533-542, 2013. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/CARACTERISTICAS%20ENERGETICAS.pdf>>

CINTRA, Tânia Cerbino. **Avaliações energéticas de espécies florestais nativas plantadas na região do Médio Paranapanema, SP.** 2009, 85 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-11032009-161045/pt-br.php>>

CORAIOLA, Márcio; PÉLLICO NETTO, Sylvio. Análise da estrutura horizontal de uma floresta estacional semidecidual localizada no município de Cássia - MG. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v. 1, n. 2, p.11-19, abr. 2003. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/view/14898>>

CRUZ, Anny Gabrielle da Cruz. **Diagnóstico da exploração de lenha em planos de manejo sustentável na caatinga do Rio Grande do Norte.** 52 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Florestais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Macaíba, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/22474>>

CURTIS, John T.; MCINTOSH, R. P. The Interrelations of Certain Analytic and Synthetic Phytosociological Characters. **Ecology**, [s.l.], v. 31, n. 3, p.434-455, jul. 1950.

DALLA LANA, Mayara. **Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de alternativas de manejo florestal da Caatinga, Floresta-PE.** 2017. 142f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2017.

DEMIRBAS, Ayhan. Biomass resource facilities biomass conversion processing for fuels and chemicals. **Energy Conversion Management**, v. 42, n. 11, p.1357-1378, 2001. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890400001370>>

DEMIRBAS, Ayhan. Relationships between lignin contents and fixed carbon contents of biomass samples. **Energy Conversion and Management**, v. 44, n. 9, p.1481-1486, 2003. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019689040200168>>

DIAS JÚNIOR, Ananias Francisco; BRITO, José Otávio; ANDRADE, Carlos Rogério. Granulometric influence on the combustion of charcoal for barbecue. **Revista Árvore**, v. 39, n. 6, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622015000601127>

DIAS JÚNIOR, Ananias Francisco et al. Pyrolysis and wood by-products of species from the Brazilian semi-arid region. **Scientia Forestalis**, [s.l.], v. 46, n. 117, p.65-75, 1 mar. 2018. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF). Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/leitura.asp?Article=06&Number=117>>

DIAS, Andrea Nogueira et al. Emprego de um modelo de crescimento e produção em povoamentos desbastados de eucalipto. *Rev. Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 731-739, out. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622005000500008&lng=pt&nrm=iso>

DUTRA, Valquíria Ferreira; MORIM, Marli Pires. 2018. Mimosa. In Lista de Espécies da Flora do Brasil. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br.>>

ELOY, Elder et al. Influência do espaçamento nas características energéticas de espécies arbóreas em plantios de curta rotação. *Rev. Árvore*, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 551-559, June 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622014000300018&lng=en&nrm=iso>

ELOY, Elder. **Quantificação e caracterização da biomassa florestal em plantios de curta rotação**. 2013. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2013. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/ppgaaa/images/Elder_Eloy.pdf >

FIGUEIREDO, Evandro Orfanó. **Avaliação de modelos pelo método da curva média para construção de curvas de índice de local para *Tectona grandis* L. f.** Rio Branco: Embrapa Acre, 49p, 2005.

FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>

Florestal Brasileiro, 2010. 368 p. p. 349-367. REDE DE MANEJO FLORESTAL DA CAATINGA. **Protocolo de medições de parcelas permanentes**. Comitê técnico-científico da RMFC. Recife. APNE. 2005. 21 p.

FORZZA, Rafaela Campostrini et al (eds.). **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. 2 vols. Andrea Jakobsson Estúdio / Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1699p. 2010.

FREIRE, Gilmar da Silva et al. Padrões das síndromes de dispersão da vegetação arbustiva-arbórea da floresta atlântica e da caatinga do estado de Sergipe. **Agroforestalis News**, Aracaju, v. 1, n. 1, p.36-40, jul. 2016. Disponível em: <<https://seer.ufs.br/index.php/AGRO/article/view/5356>>

GAMA, João Ricardo Vasconcellos; BENTES-GAMA, Michelliny de Matos; SCOLFORO, José Roberto Soares. Manejo sustentado para floresta de várzea na Amazônia oriental. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.5, p.719-729, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622005000500007&script=sci_abstract>

GARIGLIO, Maria Auxiliadora. Manejo florestal sustentável em assentamentos rurais na Caatinga. **Estatística florestal na Caatinga**. Recife. v. 2, n. 2, p. 6-17. 2015.

GASSON, Peter. How precise can wood identification be? Wood anatomy's role in support of the legal timber trade, especially cites. **Iawa Journal**, v. 32, n. 2, p.137-154, 1 jan. 2011.

GÓMEZ, Jhon Wilber Leigue. Regeneración natural de nueve especies maderables en um bosque intervenido de la Amazonia Boliviana. **Acta Amazônica**, v.41, n.1, p.135-142, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672011000100016>

HOSOKAWA, Roberto Tuyoshi; MOURA, José Brandão de; CUNHA, Ulisses Silva da. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: Ed UFPR; 2008.

HUSCH, Bertram; BEERS, Thomas W.; KERSHAW JR., John A. **Forest mensuration**. ed. 4 New York: John Wiley & Sons, 2002. 456p.

IDEMA. **Plano de manejo florestal da Fazenda Milhã/Poço da Pedra**. Jardim de Angicos/João Câmara - RN: 2003. 27 p.

IMAÑA-ENCINAS, José; SILVA, Gilson Fernandes da; PINTO, José Roberto Rodrigues. **Idade e crescimento das árvores**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2005. 43 p. il. (Comunicações Técnicas Florestais, v. 7, n. 1).

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEMA). **Termo de Referência para Elaboração do Plano de Manejo Florestal Sustentável**. Natal: IDEMA, 2009. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000005854.PDF>. Acesso em: 01 set. 2018.

JANNUZZI, Gilberto De Martino. Uma Avaliação das Atividades Recentes de P&D em Energia Renovável no Brasil e Reflexões para o Futuro. Campinas, SP: **Energy Discussion Paper**. N. 2.64-01/03, 2003. Disponível em: < <http://iei-brasil.org/2003/08/01/uma-avaliacao-das-atividades-recentes-de-pd-em-energia-renovavel-no-brasil-e-reflexoes-para-o-futuro/> >

JARDIM, Fernando Cristóvam da Silva; QUADROS, Larissa Corrêa Lopes. Estrutura de uma floresta tropical dez anos após exploração de madeira em Moju, Pará. **Revista Ceres**, [s.l.], v. 63, n. 4, p.427-435, ago. 2016. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-737X2016000400427&script=sci_abstract&lng=pt >

JESUS, Márcia Silva et al. Caracterização energética de diferentes espécies de *Eucalyptus*. **Floresta**, [s.l.], v. 47, n. 1, p.11-16, 31 mar. 2017. Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/48418> >

KUMAR, R.; PANDEY, K. K.; CHANDRASHEKAR, N.; MOHAN, S. Effect of tree-age on calorific value and other fuel properties of *Eucalyptus* hybrid. **Journal of Forestry Research**, v. 21, n. 4, p. 514- 516, 2010. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-010-0108-x> >

MAIA, Josemir Moura et al. Motivações socioeconômicas para a conservação e exploração sustentável do bioma Caatinga. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [s.l.], v. 41, p.295-310, 30 ago. 2017. Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/49254> >

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

MARINHO, Itaragil Venâncio et al. Aplicación de la gestión forestal social em el Caatinga Paraibana, Brasil. In: CONGRESO FORESTAL MUNDIAL, XIII., 2009, Buenos Aires. **Resúmenes**...Buenos Aires: Departamento Forestal, FAO, 2009.

MEDEIROS NETO, Pedro Nicó de; OLIVEIRA, Elisabeth de; PAES, Juarez Benigno. Relações entre as características da madeira e do carvão vegetal de duas espécies da caatinga. **Floresta Ambient.**, Seropédica, v. 21, n. 4, p. 484-493, dez. 2014. Disponível em:

< http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2179-80872014000400008&script=sci_abstract&tlng=pt >

MEUNIER, Isabelle Maria Jacqueline. **Análises de sustentabilidade de planos de manejo florestal em Pernambuco**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, Recife, 2014.

MILLIKEN, William et al. Impact of management regime and frequency on the survival and productivity of four native tree species used for fuelwood and charcoal in the caatinga of northeast Brazil. **Biomass And Bioenergy**, [s.l.], v. 116, p.18-25, set. 2018. Elsevier BV. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953418301223> >

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

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2005. Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação. Org.: Francisca Soares de Araújo, Maria Jesus Nogueira Rodal, Maria Regina de Vasconcelos Barbosa. **Biodiversidade**, 12. Brasília: MMA. 446 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Constituição (2009). **Instrução Normativa nº 1, de 25 de junho de 2009**. [S. l.], 26 jun. 2009.

MMA. **Manejo sustentável dos recursos florestais da Caatinga** / MMA, Natal, 2005. 28p.

MOORE, Peter D; CHAPMAN, S.B. **Methods in plant ecology**. New York, John Wiley & Sons, 1976. 536p.

MOREIRA, José Mauro Magalhães Ávila Paz. Potencial de Participação das florestas na matriz energética. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 31, n. 68, p. 363-372, 2011. Disponível em: < <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/287> >

MUELLER - DOMBOIS, Dieter; ELLENBERG, Heinz. **Aims and methods of vegetation ecology**. New york: John Wiley & Sons, 1974. 547 p.

ODUM, Eugene P. **Ecologia**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2001.

OLIVEIRA, Lia Cunha de et al. Exploração florestal e eficiência dos tratamentos silviculturais realizados em uma área de 136 ha na floresta nacional do tapajós, Belterra, Pará. **Rev. dem. agrar.**, Belém, n. 46, p.195-213, jul. /dez. 2006. Disponível em: < <https://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/261> >

PAES, Juarez Benigno et al. Rendimento e caracterização do carvão vegetal de três Espécies de ocorrência no semiárido brasileiro. **Ciência da Madeira**, v. 3, n. 1, p. 01-10, 2012. Disponível em: < <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/4037> >

PAREYN, Frans Germain Corneel. Os recursos florestais nativos e a sua gestão no estado de Pernambuco – o papel do manejo florestal sustentável. **In: GARIGLIO, M. A. et al. (Org.)**.

Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 99-112.

PAUPITZ, Júlio. **Elementos da estrutura fundiária e uso da terra no semi-árido brasileiro.** Rio Grande do Norte, 2010. 16 p.

PAYN, Tim et al. Changes in planted forests and future global implications. **Forest Ecology and Management**, v. 352, p. 57-67. 2015. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112715003473> >

PNUD/MMA. Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável. **Produto 6 – Resumo Executivo.** São Paulo: Arcadis Tetraplan, 2010. 56 p.

Projeto PNUD/FAO/IBAMA/BRA/87/007. Desenvolvimento Florestal Integrado do Nordeste do Brasil – Plano de Manejo Florestal para a Região do Seridó do Rio Grande do Norte. Volume I Levantamentos Básicos. Ministério do Meio Ambiente – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **Documento de Campo nº 8.** Natal - RN, 1992.

PROTÁSIO, Thiago de Paula et al. Potencial siderúrgico e energético do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* spp. aos 42 meses de idade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 74, p. 137-149, 2013. Disponível em < <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/448>>

PROTÁSIO, Thiago de Paula et al. Análise de correlação canônica entre características da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 95, p. 317-326, 2012. Disponível em: < <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr95/cap02.pdf>>

QUEIROZ, Waldenei Travassos de et al. Índice de valor de importância de espécies arbóreas da Floresta Nacional do Tapajós via análises de componentes principais e de fatores. **Ciênc. Florest.**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 47-59, Mar. 2017. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982017000100047&script=sci_abstract&tlng=pt >

QUIRINO, Waldir F. et al. Poder calorífico da madeira e de materiais lignocelulósicos. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 86, p.100-106, abr. 2005. Disponível em: < <http://www.lippel.com.br/dados/download/05-05-2014-10-46poder-calorifico-da-madeira-e-de-materiais-ligno-celulosicos.pdf> >

REDE DE MANEJO FLORESTAL DA CAATINGA. Protocolo de medições de parcelas permanentes / Comitê Técnico Científico. - Recife: **Associação Plantas do Nordeste**, 2005.

REIS, Maria das Graças F. et al. Acúmulo de biomassa em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 9, n. 2, p. 149-162, mar./abr. 1985.

RIBEIRO, Gabriel Brown Deus; VALVERDE, Sebastião Renato. Breve elucidação sobre os leilões de energia e o potencial da biomassa florestal. **Revista Madeira**, Palmas, p. 43-45, 2016.

RIBEIRO, Renato Bezerra da Silva et al. Métodos para estimar o volume de fustes e galhos na floresta nacional do tapajós. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 40, n. 1, p. 81-88, fev. 2016. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622016000100081&script=sci_abstract&tlng=pt >

RIEGELHAUPT, Enrique Mario; PAREYN, Frans Germain Corneel (Org.). A questão energética. In: BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. 2. ed. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. Cap. 3. p. 65-75.

RIEGELHAUPT, Enrique Mario; PAREYN, Frans Germain Corneel; GARIGLIO, Maria Auxiliadora. O manejo florestal como ferramenta para o uso sustentável e conservação da caatinga. In: GARIGLIO, M. A. et al. (Org.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 349-367.

RIO GRANDE DO NORTE. Lei complementar nº 272, de 3 de março de 2004. Regulamenta os artigos 150 e 154 da Constituição Estadual, revoga as Leis Complementares Estaduais n.º 140, de 26 de janeiro de 1996, e n.º 148, de 26 de dezembro de 1996, dispõe sobre a Política e o Sistema Estadual do Meio Ambiente, as infrações e sanções administrativas ambientais, as unidades estaduais de conservação da natureza, institui medidas compensatórias ambientais, e dá outras providências. **Diário Oficial**, Natal, 03 de março de 2004. Disponível em: < <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000105574.PDF> >

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria Extraordinária de Energia e Secretaria de Desenvolvimento Econômico (SEDEC). **Balço Energético do Estado do Rio Grande do Norte 2006. Ano Base 2005**. Natal, Rio Grande do Norte, 2006. 103 p. (Serie Informações Energéticas, 1). Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/documents/10584/3597239/01+-+BEN+2006+-+Ano+Base+2005+%28PDF%29/0b5543a3-4e73-4fce-b089-730b9e16bd6a> >

RODIGHERI, Honorino Roque; PINTO, Anauri Ferreira; DHLSON, Julio Cesar. **Custo de produção, produtividade e renda do eucalipto conduzido para uso múltiplo no norte pioneiro do Estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 12 p. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 51). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/41993/1/CT0051.pdf> >

RODRIGUES, Luiz Carlos Estraviz. **Gerenciamento da produção florestal**. 13. ed. Piracicaba, 1991. 41 p

RODRIGUES, Luiz Carlos Estraviz; BUENO, Ana Raquel Santos; RODRIGUES, Fabiano. Rotações de eucaliptos mais longas: análise volumétrica e econômica. **Scientia Forestalis**. n. 51, p. 15-28, jun. 1997. Disponível em: < <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr51/cap2.pdf> >

RODRIGUES, Ricardo Ribeiro. **Análise estrutural das formações ripárias**. In: Anais do I Simpósio Sobre Mata Ciliar. São Paulo. Campinas: Fundação Cargil, 1989. p. 99-119.

RODRIGUES, Ricardo Ribeiro. Métodos fitossociológicos mais usado. **Casa da Agricultura**, São Paulo, v. 10, n. 1, jan. 1988.

RODRIGUEZ, Luiz Carlos Estraviz. Técnicas de otimização matemática para a gestão de florestas plantadas. **Ciências Florestais**, Piracicaba, 84 p., 2010.

RODRIGUEZ, Luiz Carlos Estraviz. **Tópicos de Economia Florestal**. Documentos Florestais, Piracicaba (12): 1-49, 1991.

ROSA, Tammy Scarlett Balbina Sales. **Potencial energético da *eichhornia crassipes* (aguapé) e da *pistia stratiotes* (alface d'água)**. 2016. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Bioenergia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2016. Disponível em: < <http://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/188> >

SANTOS, J. P.; ARAÚJO, Elcida de Lima; ALBUQUERQUE, Ulysses Paulino de. Richness and distribution of useful woody plants in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, London, v. 72, p. 652-663, 2007. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140196307002248>>

SANTOS, Rosimeire Cavalcante. dos et al. Potencial energético da madeira de espécies oriundas de plano de manejo florestal no Estado do Rio Grande do Norte. **Ciência Florestal**, [s.l.], v. 23, n. 2, p.491-502, 28 jun. 2013.

SCHAAF, Luciano Budant. **Florística, estrutura e dinâmica no período 1979-2000 de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Paraná**. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001. Disponível em: < <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/25372/D%20-%20SCHAAF,%20LUCIANO%20BUDANT.pdf?sequence=1> >

SCHWOB, M. R. V. et al. Panorama do setor de cerâmica vermelha no Brasil. In: HENRIQUES JUNIOR, Mauricio F.; RODRIGUES, Joaquim Augusto P. (Org.). **Cerâmica Vermelha: Projeto EELA no Brasil**. Rio de Janeiro: INT/ MCTIC, 2017. p. 11-33.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Cerâmica vermelha: estudos de mercado**. São Paulo: SEBRAE Nacional, 2008. Relatório Completo.

SILVA, Dimas Agostinho et al. Propriedades da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de energia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35 n. 84 p. 481-485. 2015.

SILVA, Elisângelo Fernandes da et al (Org.). **Diagnóstico do uso da lenha nas atividades agroindustriais do território do Seridó/RN**. Caicó: Agência de Desenvolvimento Sustentável do Seridó - Adese, 2008. 111 p.

SILVA, José Maria Cardoso da.; OREN, David. Geographic variation and conservation of the Moustached Woodcreeper (*Xiphocolaptes falcirostris*), na endemic and threatened species of northeastern Brazil. **Bird Conservation International**, v.7, p.263-274, 1997. Disponível em: < <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/9DF18A9B1754136C34D7972E351F5A28/S0959270900001568a.pdf/geo> >

[graphic variation and conservation of the moustached woodcreeper xiphocolaptes falcirostris an endemic and threatened species of northeastern brazil.pdf](#) >

SILVA, Josuel Arcanjo da. **Fitossociologia e relações alométricas em caatinga nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte**. 2005. 81 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005. Disponível em: < <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9339> >

SILVA, Luciana Ferreira da. Deterioração da madeira de Eucalyptus spp. por fungos xilófagos. **Cerne**, v. 20, n. 3, p. 393-400, 2014. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-77602014000300008&script=sci_abstract&tlng=pt >

SOARES, Carlos Pedro Boechat; PAULA NETO, Francisco de; SOUZA, Agostinho Lopes de. **Dendrometria e inventário florestal**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed da UFV, 2011. 272 p.

SOARES, Vássia Carvalho et al. Análise das propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto em três idades. **Cerne**, v. 21, n. 2, p. 191-197, 2015.

SOUZA, Cintia Rodrigues de et al. **Espécies Florestais para Produção de Energia**. Manaus: Embrapa, 2008. 8 p. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-77602015000200191&script=sci_abstract&tlng=pt >

SOUZA, Pierre Farias de et al. Estudos fitossociológicos e dendrométricos em um fragmento de caatinga, são José de Espinharas - PB. **Ciênc. Florest.**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1317-1330, Dec. 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982016000401317&script=sci_abstract&tlng=pt

TACHER, Samuel Levy et al. Caracterización del uso tradicional de la fora espontánea en la comunidad Lacandona da Lacanha, Chiapas, México. **Interciência**, Caracas, n. 27, p. 512-520, 2002. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/pdf/339/33907302.pdf> >

TAVARES, Silvio Roberto de Lucena et al (Ed.). **Biocombustíveis sólidos: fonte energética alternativa visando à recuperação de áreas degradadas e à conservação do Bioma Caatinga**. Brasília, Df: Editora do IFRN, 2014. 400 p.

THAINES, Fabio et al. Equações para estimativa de volume de madeira para a região da bacia do Rio Ituxi, Lábrea, AM. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 283-289, 2010. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/873132/equacoes-para-estimativa-de-volume-de-madeira-para-a-regiao-da-bacia-do-rio-ituxi-labrea-am> >

TORRES, Carlos Moreira Miquelino Eleto et al. Estimativas da produção e propriedades da madeira de eucalipto em Sistemas Agroflorestais. **Scientia Florestalis**, v. 44, n.109, p. 137-148, 2016. Disponível em: < <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/17893> >

TRUGILHO, Paulo Fernando et al. Características de crescimento, composição química, física e estimativa de massa seca de madeira em clones e espécies de *Eucalyptus* jovens. **Ciência Rural**, v. 45, p. 661-666, 2015.

TRUGILHO, Paulo Fernando et al. Estimativa de carbono fixado na madeira de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, Lavras, v. 16, p. 33-40, 2010.

VALE, Ailton Teixeira et al. Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* hill ex- maiden e *Acacia mangium* Willd em diferentes níveis de adubação. **Cerne**, v. 6, n. 1, p. 83-88, 2000. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74460110>>

VALÉRIO, Álvaro Felipe et al. Análise da composição florística e da estrutura horizontal de uma floresta ombrófila mista montana, município de Irati, PR – Brasil. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 137-147, 2008. Disponível em: < <https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/view/10448>>

VANCLAY, Jerome K. **Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests**. Copenhagen: CAB International, 1994. 312p. Disponível em: < https://epubs.scu.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://scholar.google.com.br/&httpsredir=1&article=1538&context=esm_pubs>

VASCONCELOS, Francisco José de; SILVA, Ademir Castro e; FREITAS, Jorge Alves de. Deposição de sílica e cristais no xilema de espécies tropicais da família Caesalpiniaceae. **Revista Árvore**. v.17, n. 3, 1993. Disponível em: < <http://repositorio.inpa.gov.br/handle/123/5294>>

VIDAURRE, Graziela; LOMBARDI, Lucas Recla; OLIVEIRA, Jose Tarcisio da Silva; ARANTES, Msrina Donária. Lenho juvenil e adulto e as propriedades da madeira. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v. 18, n. 4, p. 469-480, 2011.

VITAL, Rocha Benedito et al. Qualidade da madeira para fins energéticos. In: Santos, F. et al. (Ed.). **Bioenergia e biorrefinaria: cana-de-açúcar e espécies florestais**. Viçosa, MG, 2013. p. 322-354.

VITAL, Rocha Benedito; BASTOS FILHO, José Gonçalves; VALENTE, Osvaldo Ferreira. Efeito da idade da árvore sobre o rendimento gravimétrico e teor de carbono fixo de carvão de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 9, n. 2, p. 180-185, mar./abr. 1985.

YAZDANI, M.G.; HAMIZAN, M., SHUKUR, M.N. Investigation of the fuel value and the environmental impact of selected wood samples gathered from Brunei Darussalam. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v16, p.4965-4969, 2012. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032112003000> >

ZÁKIA, Maria José Brito; PAREYN, Franz Germain; RIEGELHAUPT, Enrique. Equações de peso e de volume para oito espécies lenhosa nativas do Seridó, RN. In: IBAMA. Plano de manejo florestal para a região do Seridó do Rio Grande do Norte. Natal: PNUD / FAO / IBAMA - Governo do Rio Grande do Norte, 1992. p. 1-92.