



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
CENTRO DE ENÉRGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENÉRGIAS RENOVÁVEIS



MARIA LUÍZA COELHO CAVALCANTI

**VIABILIDADE ENERGÉTICA DA BIOMASSA DA PALMA FORRAGEIRA NO  
SEMIÁRIDO**

JOÃO PESSOA – PB  
2020

**MARIA LUÍZA COELHO CAVALCANTI**

**VIABILIDADE ENERGÉTICA DA BIOMASSA DA PALMA FORRAGEIRA NO  
SEMIÁRIDO**

**Defesa de Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis - PPGER, da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Energias Renováveis.**

**Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marta Célia Dantas Silva.**

**JOÃO PESSOA - PB**

**2020**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

Cavalcanti, Maria Luíza Coelho.

Viabilidade Energética da Biomassa da Palma Forrageira no Semiárido -  
João Pessoa - PB, 2020.

Nº de páginas: 71

Área de concentração: Energias Renováveis.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marta Célia Dantas Silva.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Energias  
Renováveis – Universidade Federal da Paraíba.

1 Semiárido; 2. Palma; 3. Biocombustíveis; 4. Potencial Energético.

**CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS – CEAR  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS - PPGER**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Exame de Defesa.

**VIABILIDADE ENERGÉTICA DA BIOMASSA DA PALMA FORRAGEIRA NO  
SEMIÁRIDO**

Elaborado por

**MARIA LUÍZA COELHO CAVALCANTI**

como requisito para obtenção do grau de

**Mestre em Energias Renováveis.**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

**DRA. MARTA CÉLIA DANTAS SILVA**

Departamento de Engenharia em Energias Renováveis (UFPB) – Orientadora (Presidente da Banca)

**DRA. JOELDA DANTAS**

Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – (examinador interno)

**DRA. BRUNA MARIA EMERENCIANO DAS CHAGAS**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – (examinador externo)

**JOÃO PESSOA - PB**

2020

*Aos conviventes do Semiárido Paraibano;  
Aos Pesquisadores do INSA;  
A todos que acreditam no potencial do  
Semiárido e buscam na luta o desenvolvimento  
dessa terra.*

*Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

A querida Orientadora, “amiga”, “mãe”, minha eterna Martinha por me acolher neste Programa e ter compartilhado comigo momentos de reflexão, ensinamentos, dúvidas e de realizações os quais jamais serão esquecidos na minha vida.

Aos meus pais Luíz Gustavo Rêvoredado Cavalcanti e Kátia R. de Souza Coelho, que sempre estiveram ao meu lado, não medindo esforços para realização de todos os meus sonhos.

Ao meu avô Francisco Coelho que sempre fez jus aos meus estudos ao longo de minha vida, me motivando e encorajando, além de todo o investimento financeiro dedicado ao meu aperfeiçoamento e as publicações de minhas pesquisas.

A minha amada avó Regina Coelho, minha incansável fonte de inspiração, exemplo de sabedoria, perseverança, bondade, honestidade, integridade e fé. Pessoa que soube e sabe me ensinar muitas coisas advindas do Sertão, nunca saindo de minha memória, nem tão pouco do meu coração em cada passo que dou.

A todos os meus poucos e bons amigos, que posso afirmar serem anjos em minha vida, os quais me impulsionaram a chegar até aqui.

Por fim aos meus professores em especial a Prof. Joelda Dantas e aos colegas de curso que foram fundamentais nessa jornada e que confiaram a minha pessoa a honra de assumir a presidência do corpo discente do PPGER, minha gratidão especial ao “clubinho da biomassa” por todos os momentos compartilhados dentro e fora desta Universidade.

Ao pessoal do Laboratório multiusuário de Nutrição Animal da UFRN

E, sobretudo a todos que compõe a “família” INSA, contribuindo de forma fundamental para realização desta pesquisa.

“...Quem falou que o sertão é inviável,  
Nada sabe do seu potencial;  
Minerais têm a sua relevância.  
Os metais outra fonte de riqueza.  
Energias renováveis, com certeza.  
Ocuparam um lugar de importância.  
Se aqui temos nós, abundância.  
Nossa diversidade sem igual.  
Nossa lista é riquíssima, interminável.  
Quem falou que o sertão é inviável,  
Nada sabe do seu potencial...”

Oliveira de Panelas & José de Souza Silva.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>06</b>
1.1 OBJETIVOS .....	09
1.1.1 Objetivo Geral.....	09
1.1.2 Objetivos Específicos .....	09
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>10</b>
2.1 ENERGIA ATRAVÉS DA AGRICULTURA.....	11
2.2 BIOMASSA.....	13
2.2.1 Biomassa Lignocelulósica .....	13
2.3 BIOCOMBUSTÍVEIS.....	15
2.3.1 Produção de Bioetanol.....	16
2.3.2 Produção de Briquetes.....	17
2.4 POLÍTICAS PÚBLICAS NO BRASIL EM FAVOR DO USO DA BIOMASSA E PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS .....	18
2.5 SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	21
2.5.1 Fator Climático. ....	22
2.5.2 Semiárido Paraibano .....	25
2.5.3 Clima na Paraíba.....	27
2.6 BIOMA CAATINGA.....	30
2.6.1 Manejo do Bioma Caatinga.....	33
2.7 PALMA FORRAGEIRA.....	35
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>38</b>
3.1 MATERIAIS E MÉTODOS .....	39
3.1.1 1º Visita de Campo (Reconhecimento da Área de Estudo).....	39
3.1.2 2º Visita de Campo (Georeferenciamento).....	39
3.1.3 3º Visita de Campo (Coleta da Biomassa das Palma Miúda e Baiana).....	40
3.1.4 Preparo das biomassas de Palma Miúda e Palma Baiana para as análises químicas .....	40
3.1.4.1 <i>Procedimentos de Análises físico-química</i> .....	41
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>43</b>
4.1 LEVANTAMENTO DE CAMPO .....	44
4.1.1 Georeferenciamento. ....	44
4.1.2 Plantio, Irrigação, Adubação da Palma (Miúda e Baiana) .....	46
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA PALMA MIÚDA E BAIANA .....	49



4.2.1 Caracterização da Palma Miúda e Baiana.....	49
4.3 REFLORESTAMENTO A PARTIR DO PLANTIO DE PALMA FORRAGEIRA.....	55
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>60</b>

## LISTA DE IMAGENS

<b>FIGURA 1</b>	ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA DA BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA.....	14
<b>FIGURA 2</b>	CICLO DE VIDA DO BIOETANOL.....	16
<b>FIGURA 3</b>	USINA DE BRIQUETAGEM.....	17
<b>FIGURA 4</b>	NOVA DELIMITAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	22
<b>FIGURA 5</b>	MAPA DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR NDVI NO BRASIL.....	23
<b>FIGURA 6</b>	MAPA DA PRECIPITAÇÃO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE CONTINENTAL NO BRASIL.....	24
<b>FIGURA 7</b>	MAPA DA DELIMITAÇÃO DO SEMIÁRIDO NO ESTADO DA PARAÍBA.....	26
<b>FIGURA 8</b>	MAPA DA COBERTURA VEGETAL DA PARAÍBA ATINGIDA POR PERÍODOS DE CHUVAS.....	27
<b>IMAGEM 9</b>	MAPA DA COBERTURA VEGETAL DA PARAÍBA ATINGIDA POR PERÍODOS DE SECA.....	28
<b>IMAGEM 10</b>	MAPA DO BIOMA CAATINGA NO BRASIL.....	31
<b>IMAGEM 11</b>	PALMA FORRAGEIRA PLANTADA NO INSA.....	36
<b>IMAGEM 12</b>	PREPARO DA BIOMASSA DA PALMA MIÚDA E PALMA BAIANA PARA ANÁLISES QUÍMICAS.	41
<b>IMAGEM 13</b>	MAPA DO RECORTE DOS TALHÕES DA PALMA MIÚDA E BAIANA NO INSA.....	45
<b>IMAGEM 14</b>	PRODUÇÃO DE MUDAS DE PALMAS NA SEMENTEIRA DO INSA.....	56

## LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

<b>GRÁFICO 1</b>	RELATÓRIO SÍNTESE DO BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL DE 2018.....	12
<b>GRÁFICO 2</b>	BALANÇO DOS SETORES ENERGÉTICOS NACIONAL DE 2017.....	15
<b>GRÁFICO 3</b>	RANKING DOS ESTADOS AFETADOS PELA SECA NO NORDE DO BRASIL.....	25
<b>TABELA 1</b>	CARACTERIZAÇÃO DA PALMA MIÚDA .....	50
<b>TABELA 2</b>	CARACTERIZAÇÃO DA PALMABAIANA .....	51

## RESUMO

### VIABILIDADE ENERGÉTICA DA BIOMASSA DA PALMA FORRAGEIRA NO SEMIÁRIDO

A região do Semiárido consiste em uma área com 1.128.697 Km<sup>2</sup>, equivalente a, 11% do território nacional. A Caatinga é o bioma endêmico dessa região e ocupa uma área de 844.453km<sup>2</sup>, a qual se estende pelo domínio de climas semiáridos e constitui-se de um patrimônio biológico único, onde nele estão constituídas várias espécies de Palma e que pode ser encontrada por todo Estado da Paraíba. Este trabalho foi desenvolvido em parceria com a Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido (INSA) e o Laboratório Multiusuário de Nutrição Animal da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), com o intuito de analisar o potencial energético da biomassa da Palma forrageira das espécies Miúda/Doce (*Nopalea cochenillifera*) e Baiana/Palmepa (*Nopalea cochenillifera* Salm – Dyck). Por meio dessa análise foi possível verificar ser de grande utilidade não somente para a produção de alimentos humanos e forragem para os animais em períodos extremos de seca na região do Semiárido paraibano, mas, também muito viável e promissora como fonte energética com possibilidades de aplicação na produção de briquete (combustível sólido) assim como na produção de bioetanol (combustível líquido) devido as suas características, bem como ao teor de carboidratos, da hemicelulose e da lignina concentrados nas duas espécies estudadas. Ora, portanto sendo encontrado na Palma Miúda, carboidratos totais (87,42%), hemicelulose (22,60%) e lignina (0,78%) e na Palma Baiana, carboidratos totais (83,84%), hemicelulose (11,17%) e lignina (0,13%). Além disso, foi realizado um estudo de Campo onde se acompanhou todo o processo do plantio dessas palmas, utilizando-se de geotecnologias para realizar um georeferenciamento do talhão subdividido da área plantada, a fim de entender o modo de cultivo da palma forrageira bem como mensurar o seu viés de produção e valor econômico que serve como alavanque tecnológico na produção de biocombustíveis, no desenvolvimento socioeconômico da região, além de colaborar com ações mitigatórias em favor do reflorestamento de áreas desertificadas no Semiárido.

**Palavras chave:** Semiárido; Palma miúda; Palma baiana; Potencial energético, Georeferenciamento.

## ABSTRACT

### ENERGETIC VIABILITY OF FORAGE PALM BIOMASS IN THE SEMI-ARID

The Semi-Arid region consists of an area of 1,128,697 km<sup>2</sup>, equivalent to 11% of the national territory. The Caatinga is the endemic biome of this region and occupies an area of 844,453 km<sup>2</sup>, which extends over the domain of semiarid climates and constitutes a unique biological heritage, where several species of Palma are found and which can be found throughout Paraíba State. This work was developed in partnership with the Experimental Station of the National Institute of the Semi-Arid (INSA) and the Multi-User Laboratory of Animal Nutrition of the Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN), in order to analyze the energy potential of the biomass of the forage palm Miúda / Doce (*Nopalea cochenillifera*) and Baiana / Palmepa (*Nopalea cochenillifera* Salm - Dyck) species. Through this analysis it was possible to verify that it is of great use not only for the production of human food and fodder for animals in extreme periods of drought in the semi-arid region of Paraíba, but also very viable and promising as an energy source with possibilities of application in briquette production (solid fuel) as well as bioethanol production (liquid fuel) due to its characteristics, as well as the content of carbohydrates, hemicellulose and lignin concentrated in the two species studied. Therefore, being found in Palma Miúda, total carbohydrates (87.42%), hemicellulose (22.60%) and lignin (0.78%) and in Palma Baiana, total carbohydrates (83.84%), hemicellulose (11, 17%) and lignin (0.13%). In addition, a field study was carried out in which the entire planting process of these palms was monitored, using geotechnologies to perform a georeferencing of the subdivided plot of the planted area, in order to understand the cultivation of the forage palm as well as to measure its production bias and economic value that serves as a technological lever in the production of biofuels, in the socioeconomic development of the region, in addition to collaborating with mitigating actions in favor of the reforestation of desertified areas in the semiarid region.

**Keywords:** Semiarid; Palm; Biofuels; Energy Potential.

## **1 INTRODUÇÃO**

## 1 INTRODUÇÃO

A busca por fontes alternativas de energia tem se tornado um dos principais desafios do mundo contemporâneo. Isso é devido, conseqüentemente, a delimitação natural e ambiental da tradicional fonte de recursos energéticos. Sendo assim, com o avanço da biotecnologia, pode ser observado que quanto maior a biodiversidade de um país, acaba por ser maior a sua exploração e utilização dos recursos naturais, fator importante para o desenvolvimento econômico.

Com vistas num cenário mundial, diz-se que a biomassa é a forma mais comum de energia renovável e que sua demanda deve aumentar ainda mais (IEA, 2017). Por exemplo, conforme Scarlat et al. (2019) cerca de 60% da energia renovável da União Europeia (UE) é proveniente de biomassa, como madeira e biocombustíveis. Segundo Poore e Nemecek (2018) cerca de 13% das terras agrícolas globais são usadas para produzir biocombustíveis e têxteis. Nunes, Causer e Ciolkosz (2020) reportam que a biomassa tornou-se cada vez mais importante como fonte de energia alternativa renovável. Além disso, em termos socioambientais, o conceito de biomassa tem um potencial papel, pois são inúmeras as suas vantagens, por exemplo, se cultivada de forma sustentável, seu manejo e utilização não acarretarão acréscimo de CO<sub>2</sub> à atmosfera, já que o CO<sub>2</sub> liberado pela combustão é extraído da atmosfera durante o processo de fotossíntese (PORTO, M. F. S.; FINAMORE, R.; FERREIRA, H., 2013).

Ademais, sua utilização em larga escala para fins energéticos pode promover o desenvolvimento sustentável de áreas rurais e regiões pouco desenvolvidas, reduzindo o êxodo para as áreas densamente urbanizadas, o que vem a ser de reconhecida relevância, pois de acordo com o Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais (UN, 2018) e com os autores Son et al. (2017), aproximadamente 54% da população humana mundial reside em áreas urbanas, e estima-se que essa proporção aumente para aproximadamente 70% até 2030 devido à migração da população das áreas rurais para as urbanas.

O fornecimento da energia sustentável é fundamental não apenas para o desenvolvimento econômico das nações, mas também para assegurar o bem-estar do cidadão (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2006). Contudo, segundo Muscat et al. (2019) uma questão-chave é se podemos produzir biomassa suficiente para produzir todos os alimentos, ração animal e bioenergia necessários para a nossa população futura, isso porque a segurança

alimentar e as energias renováveis são os principais desafios que a humanidade enfrenta a curto e médio prazo.

Historicamente em termos de Brasil, as populações existentes que habitavam a região semiárida brasileira, apresentavam uma grande dependência econômica dos recursos florestais como matriz energética, principalmente do bioma caatinga. Tal vegetação tem um papel fundamental para o fornecimento dos produtores, como plantas medicinais, a lenha, o carvão, estacas e mourões, além da alimentação animal através das plantas forrageiras (FRANCELINO et al., 2003; SILVA et al., 2009; MACHADO et al., 2010; PAES et al., 2013; MEDEIROS NETO et al., 2014).

O Semiárido paraibano é coberto em sua totalidade pela vegetação caatinga, bioma único no mundo, que é caracterizada pela formação de floresta seca, composta por vegetação xerófila de porte arbóreo, arbustivo e herbáceo, com ampla variação de fisionomia e flora, além de elevada diversidade de espécies (DRUMOND et al., 2000). Em conformidade com Lamprecht (1990), as florestas xerófilas e seus produtos com alto potencial energético, desde sempre têm desempenhado papel preponderante para as populações que habitam os locais de ocorrência dessas florestas.

Apesar do uso intensivo da caatinga como combustível, pouco se sabe sobre as quantidades de biomassas que são retiradas e recicladas nas partes das plantas utilizadas para este fim (SILVA e SAMPAIO, 2008). Segundo Riegelhaupt et al. (2010), a caatinga é uma das florestas secas com melhores condições para se inserir no futuro mercado mundial de energéticos florestais por vários motivos; o bioma está localizado muito próximo do Atlântico Central, em curtas distâncias dos maiores polos mundiais consumidores de energéticos.

Dessa forma, Abílio (2011) reporta que as plantas adaptadas ao bioma Caatinga como a palma forrageira, podem promover os planos de gestão para região, contribuindo para a conservação dos recursos naturais, além de criar alternativas econômicas, que possibilitam o desenvolvimento local e regional. Ainda em relação ao semiárido brasileiro, Pereira et al. (2019) reforçam que a união de estratégias de redução da desigualdade e promoção de energia renovável pode ter um impacto maior na diminuição das necessidades sociais, promovendo a apropriação de benefícios pelas comunidades locais.

Por sua vez, a palma forrageira, planta nativa inserida e diversificada na Caatinga, constitui exemplo mais perfeito de máxima eficiência de adaptação e aproveitamento de água e energia em ambientes de semiáridos, além de servirem como reservatórios de água para o metabolismo durante os períodos de seca (HILLS, 1982).



Corroborando, Torres Neto (2015) contribui na afirmativa que a caracterização físico-química da palma forrageira mostra que o teor de celulose obtido possibilita a sua utilização como matéria-prima disponível para sacarificação e fermentação, visando desta forma à produção de etanol combustível, assim como outras produções energéticas.

Sendo assim, esta referida lacuna de pesquisa científica, vem analisar o potencial energético da biomassa advinda da palma forrageira visando contribuir com o desenvolvimento econômico e sustentável na região do Semiárido, além do aumento na produção e acesso ao modo de cultivo de palma, auxiliando futuras pesquisas em termos energéticos e para produção de novos biocombustíveis, o que representa, portanto, as principais motivações e justificativas que fundamentam a proposta desta pesquisa.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 *OBJETIVO GERAL*

Avaliar o potencial energético da biomassa da palma forrageira na região do Semiárido paraibano.

### 1.1.2 *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

- Utilizar de geotecnologias para georeferenciar e mensurar o talhão de plantio da Palma Miúda e Baiana;
- Mostrar a viabilidade econômica do plantio e da produção de palma forrageira na região semiárida;
- Caracterização da Palma Miúda e Palma Baiana;
- Analisar o potencial energético da Palma Miúda e Palma Baiana;
- Propor ações mitigatórias a partir do plantio de palma, no combate a áreas desertificadas no Semiárido.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ENERGIA ATRAVÉS DA AGRICULTURA

O Brasil é um dos países que se pode considerar o mais privilegiado do mundo em termos de vocação para produção de energia através do setor agrícola, tendo em vista que possui localização privilegiada na região tropical, com alta incidência de energia solar, regime pluviométrico adequado e conta com grandes reservas de terras agricultáveis, o que permite o planejamento do uso agrícola em bases sustentáveis, sem comprometer os grandes biomas nacionais (RIBEIRO et al., 2011).

Pode-se ainda considerar que o Brasil é um dos únicos países do mundo em que é possível produzir alimento e energia sem que ocorra competição direta por área e recursos naturais. Existem, no Brasil, cerca de 90 milhões de hectares de áreas para a expansão agrícola, sem considerar mais de 200 milhões de hectares de pastagens com algum grau de degradação que, depois de recuperadas, podem ser usadas na produção de alimentos e bioenergia (EMBRAPA, 2017).

Todas estas condições fazem do país uma grande máquina com capacidade para a produção de alimentos, biocombustíveis e de outros derivados de óleos vegetais que visa atender, tanto o mercado nacional, quanto o mercado internacional. Em consonância com Marçal et al. (2019), o nordeste do Brasil é considerado a região semiárida mais populosa do mundo, e especialmente em relação a essa região, Pereira et al. (2019) reportaram que é necessária a participação das comunidades locais no âmbito das políticas públicas para o estabelecimento de prioridades que potencializem estratégias, particularmente o cenário energético e a aceitação social.

A energia é considerada um dos principais constituintes da sociedade moderna (HINRICHS et al., 2014). Podendo ser dividida em primária e secundária. Os autores Marques et al. (2006), definem a energia primária como aquela que é fornecida e retirada da Natureza, podendo ser usada de forma direta ou convertida em outra forma energética de uso. Para energia secundária, entendem por ser, toda energia resultante de processos de conversão os quais buscam no aumento da densidade energética favorecer o transporte, armazenamento e adequação ao uso.

Nos dias atuais, questões como a produção e o consumo de energia no país, têm servido de base para temas frequentemente abordados dentro da sociedade, começando pelas mídias sociais e conversas informais entre a população.

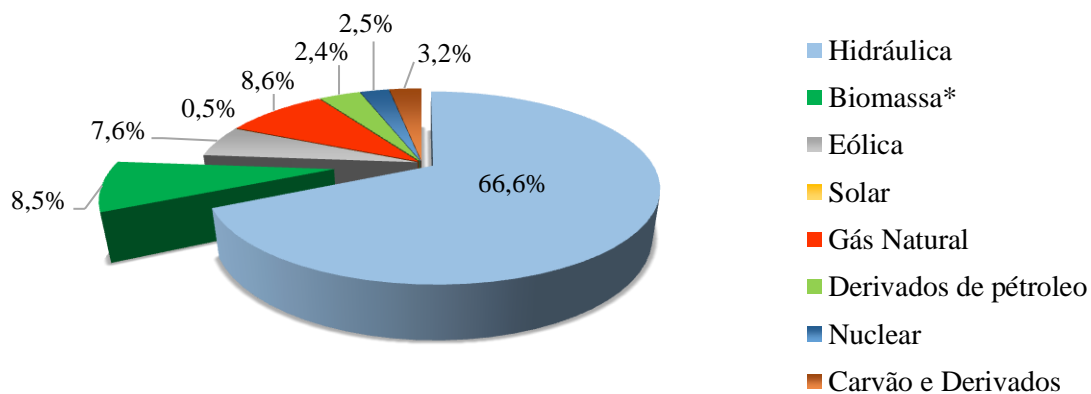
Endente-se que haja vista a dependência da sociedade na produção de energia para o avanço do progresso do desenvolvimento econômico e das tecnologias, que buscam contribuir de forma significativa a vida do homem, tornando-a mais confortável ao longo da história do planeta.

Quando se trata das fontes de energia renováveis, o uso realizado pela ação do homem não causa uma variação que seja significativa nos seus potenciais, ou seja, seu uso, não causaria impactos ambientais agressivos. (JANNUZZI e SWISHER, 1997).

São diversas as matrizes energéticas, e suas fontes de energia renováveis são consideradas não convencionais, muitas vezes nomeadas também de alternativas, devido que não se baseiam nos combustíveis fósseis (PACHECO, 2006).

No (Gráfico 1) pode-se observar que o uso da energia por via de hidrelétricas ainda lidera ranking das matrizes energéticas com quase 70%. Porém, logo em segundo lugar a Biomassa ganha destaque. a Matriz Energética Brasileira obteve a seguinte configuração:

**Gráfico 1** - Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional de 2019 com ano base 2018.



**Fonte:** EPE, adaptado pelo autor (2020).

Sobretudo no Brasil o adensamento das florestas nativas com espécies úteis desponta como uma grande promessa, na produção de energia, pois o país tem um enorme potencial energético através do uso da Biomassa, podendo decuplicar as áreas de reflorestamento

econômico consorciado para fins diversos: energia (lenha, carvão vegetal, etanol celulósico, biodiesel, cogeração de energia elétrica e calor), papel e celulose, materiais de construção, matéria-prima para as indústrias de derivado de madeira e para a química verde, entre outros.

O crescimento econômico é entendido como uma máquina na qual desenvolve e intensifica os padrões de produção, mesmo sendo pautados por alguns critérios, como é o caso da sustentabilidade, que é utilizada como tecnologias “limpas”, a utilização da biomassa permite o padrão de equilíbrio para o meio ambiente, zelando pela não emissão de gases de efeito estufa. Além de permanecer como dogma de instituições e governos, cuja ação de sustentabilidade é apresentada como uma das melhores alternativa para a sociedade.

## 2.2 BIOMASSA

De acordo com Tolmasquim (2011) a biomassa é amplamente utilizada como fonte de energia, devido as excelentes propriedades inflamáveis deste material. Além disso, os recentes estudos a respeito de energias renováveis facilitaram a utilização não apenas parcial, mas, praticamente total da biomassa.

A Biomassa é considerada como toda matéria orgânica de origem animal ou vegetal que pode ser utilizada na produção de energia. É uma forma indireta de energia, pois resulta da conversão de energia solar em energia química por meio da fotossíntese, base dos processos biológicos dos seres vivos.

O avanço em pesquisas a respeito de biocombustíveis tem proporcionado a diminuição de descartes através do uso de resíduos como matéria prima para a geração de produtos energéticos, conhecidos como coprodutos.

Assim os resíduos da biomassa podem ser considerados excelentes coprodutos para a geração de energia seja na forma de biogás, bio-óleo, biodiesel ou na cogeração de produtos compactados, briquetes ou pellets (TOLMASQUIM, 2011).

### 2.2.1 Biomassa Lignocelulósica

A biomassa lignocelulósica compreende os resíduos agroindustriais e a matéria orgânica proveniente diretamente de fontes vegetais ou resultantes de seu processamento.

Wyman et al. (2005) definiu biomassa lignocelulósica (Figura 1) como sendo um material complexo formado por três frações orgânicas principais: a celulose, a hemicelulose e a lignina. Suas concentrações, entretanto, variam entre os diversos materiais lignocelulósicos.

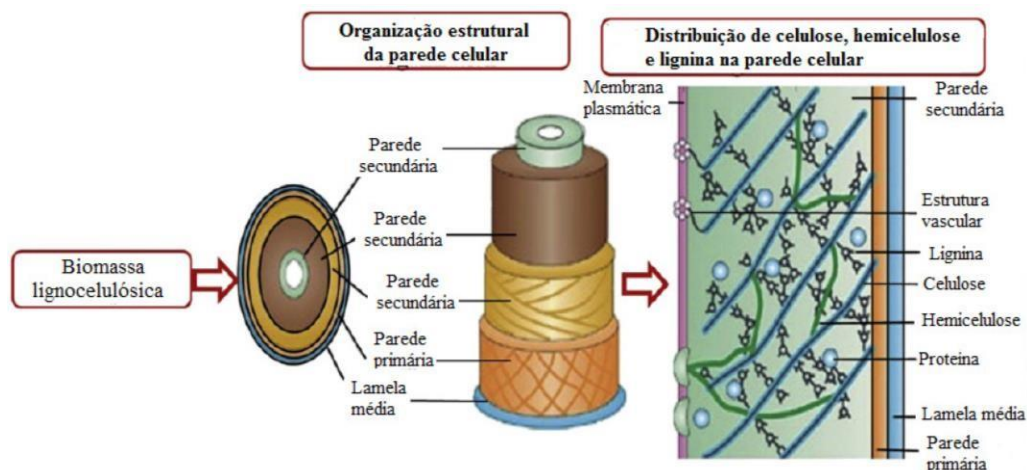
O aproveitamento e reciclagem dos resíduos podem reduzir os problemas ambientais resultantes de sua disposição inadequada na natureza, agregar valor aos subprodutos da agroindústria e valorizar os recursos naturais ou culturas de determinada região.

As estratégias de aproveitamento da biomassa lignocelulósica incluem processos de gaseificação, métodos de produção de calor e eletricidade (cogeração), recuperação de energia de resíduos sólidos urbanos e gás de aterro sanitário, que visa à produção de biomoléculas de combustíveis fósseis, assuntos de grande interesse da atualidade (WYMAN, 2005).

Os materiais lignocelulósicos são constituídos de estrutura duras e fibrosas, compostas principalmente pelos polissacarídeos celulose e hemicelulose (aproximadamente 70% da massa seca), intercalados por lignina, uma macromolécula composta de alcoois aromáticos.

A lignina encontra-se fortemente unida aos polissacarídeos por ligações covalentes e hidrogênicas. Dependendo da origem do vegetal, podem ser encontrados nos materiais lignocelulósicos pequenas quantidades de resinas, ácidos graxos, fenóis, taninos, compostos nitrogenados e sais minerais de cálcio, potássio e magnésio.

**Figura 1.** Ilustração esquemática da biomassa lignocelulósica.



**Fonte:** VASCONCELOS, (2012).

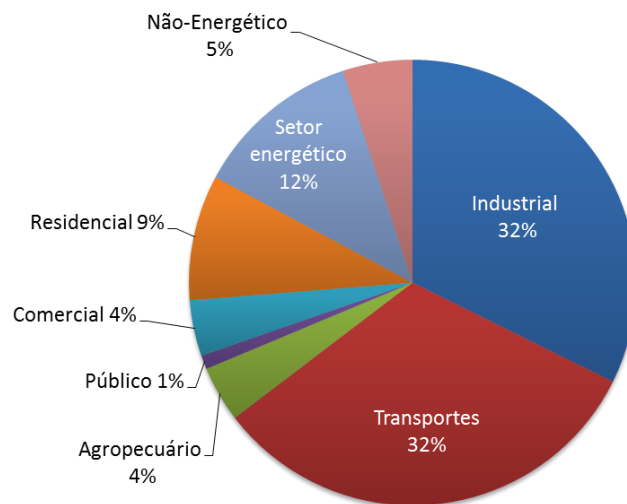
Os processos que empregam a biomassa lignocelulósica na elaboração de produtos e insumos são desenvolvidos de forma a se obter aproveitamento máximo da biomassa com o

mínimo de custo em unidades produtivas denominadas biorrefinarias, tornando assim de total interesse ao setor econômico e sustentável do país.

### 2.3 BIOCOMBUSTÍVEIS

A produção de biocombustíveis surge como ação mitigadora para os impactos ambientais que o setor de transporte e as maquina das indústrias que consomem combustíveis fósseis causam ao meio ambiente, como é possível analisar no (Gráfico 2) onde o setor industrial e de transportes são os maiores consumidores de combustíveis e cada vez mais aumentando.

**Gráfico 2** – Balanço dos Setores Energéticos Nacional de 2019.



**Fonte:** EPE, (2019).

Os biocombustíveis são derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores à combustão ou em outro tipo de geração de energia.

Os dois principais biocombustíveis líquidos usados no Brasil são o etanol obtido a partir de cana-de-açúcar e, em escala crescente, o biodiesel, que é produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais e adicionado ao diesel de petróleo em proporções variáveis (ANP, 2018).

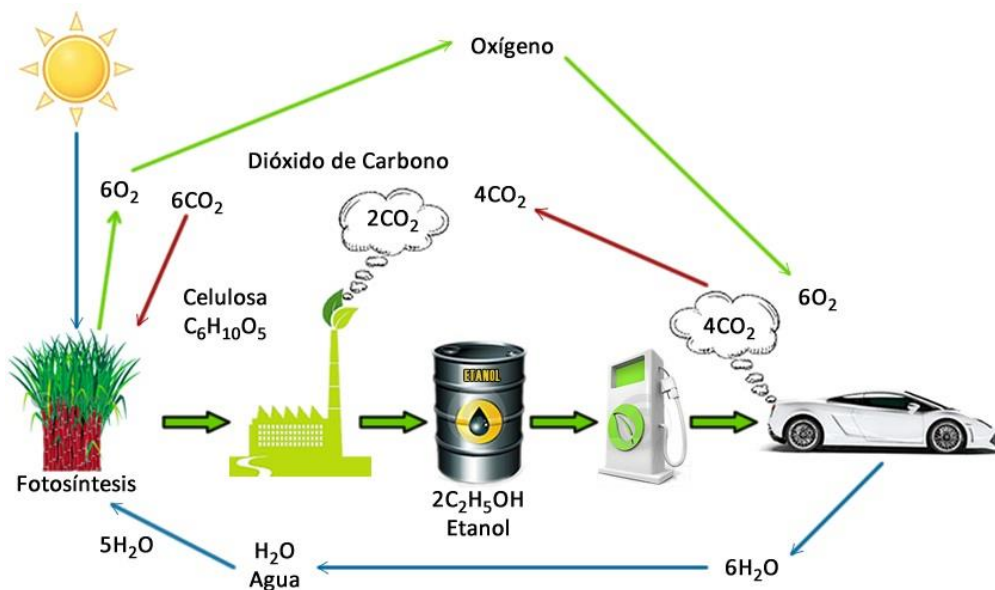
Cerca de 45% da energia e 18% dos combustíveis consumidos no Brasil já são renováveis. No resto do mundo, 86% da energia vêm de fontes energéticas não renováveis.

Pioneiro mundial no uso de biocombustíveis, o Brasil alcançou uma posição almejada por muitos países que buscam desenvolver fontes renováveis de energia como alternativas estratégicas ao petróleo (ANP, 2018).

### 2.3.1 Produção de Bioetanol

O uso do bioetanol como combustível surgiu como uma alternativa à utilização de recursos fósseis e consequentes emissões excessivas de gases de efeito estufa. A sustentabilidade desta alternativa parte do princípio que todo o  $\text{CO}_2$  liberado na queima de produtos da biomassa ser reciclada através da fotossíntese, responsável pelo crescimento desta biomassa, como mostrado na (Figura 2).

Figura 2. Ciclo de vida do Bioetanol.



Fonte: BNDES e CGEE (2008).

É possível afirmar que a utilização deste combustível contribui de forma significativa para o controle do efeito estufa, uma vez que a queima de etanol já poluía muito menos que o fóssil, a redução da poluição em centros urbanos densos seria beneficiada com a substituição dos combustíveis fósseis pelos biocombustíveis (CAVALCANTI, 2018).

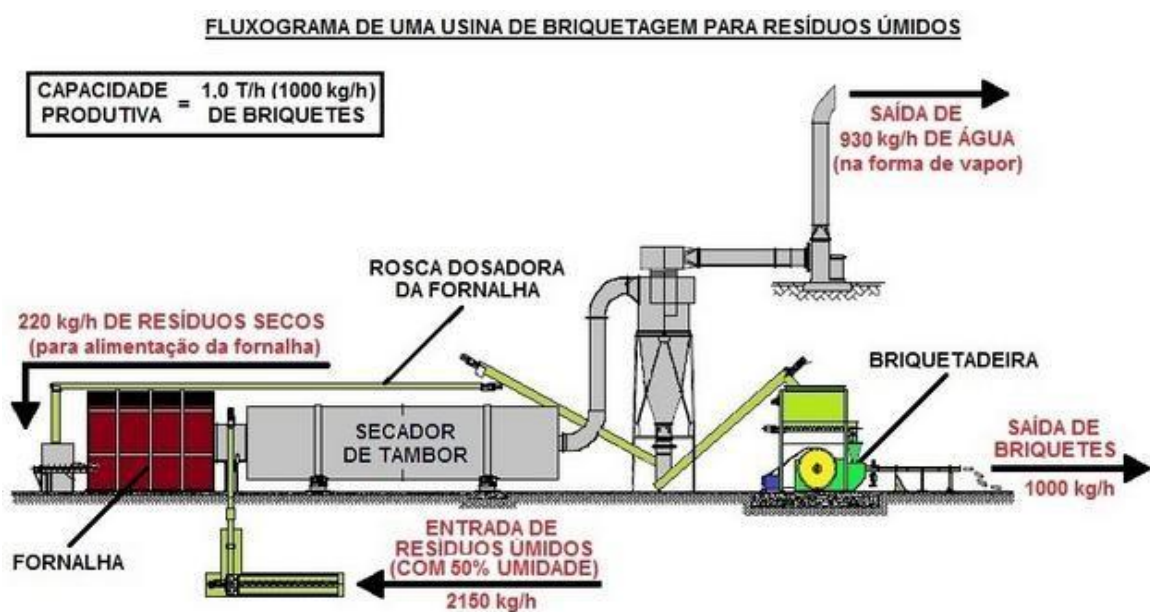


### 2.3.2 Produção de Briquetes

Briquete pode ser considerado como uma fonte comprimida de material energético, uma lenha ecológica que pode substituir outras formas de combustíveis da indústria, como por exemplo: carvão vegetal, mineral e a lenha (CAATINGA VIVA, PROJETO, 2015).

Abaixo um esquema de uma usina de briquetagem:

Figura 3 - Usina de Briquetagem



Fonte: BIOMAX (2015)

Os produtos compactados da biomassa consistem em resíduos sólidos que, sob altas temperaturas e pressão, sofrem compactação, briquetagem, podendo ou não ter a presença de aglutinantes dependendo da matéria-prima utilizada (BUCK SCHMIDT, 2015).

Conforme Capote (2012), normalmente dependerá do maquinário utilizado na produção para denominados briquetes e peletes. Os briquetes geralmente são utilizados em estufas, fogões, lareiras, churrasqueiras e como outras demais fontes de energia térmica (SCHUTZ; ANAMI e TRAVESSINI, 2010).

De acordo com Paula et al. (2011), a utilização de briquetes está intimamente relacionada à preservação ambiental, uma vez que recupera resíduos e substitui a lenha e o carvão vegetal.

Sua utilização adequada produzida pelo aproveitamento de resíduos de biomassa pode reduzir significativamente a poluição ambiental, colaborando com o uso sustentável da energia. Assim essas alternativas ecológicas, buscam reduzir os impactos ambientais, além de abater a crise energética mundial (DIBLASI FILHO, 2007).

Sendo assim, para a realização da briquetagem, é necessário que os resíduos coletados sejam moídos para que adquiram a granulometria adequada, cerca de 5 a 10 mm, posteriormente deverão secar para que o teor de umidade fique em torno de 8 a 15% (FILIPPETTO, 2008). Segundo Gentil (2008), a massa específica de briquetes encontra-se entre 1,0 t/m<sup>3</sup> a 1,5 t/m<sup>3</sup>, tendo normalmente formato cilíndrico ou hexagonal de aproximadamente 70 mm a 100 mm de diâmetro e comprimento de 10 cm a 40 cm.

"Durante o processo de briquetagem são geradas mecanicamente pressões elevadas (200 MPa), que provocam um incremento térmico da ordem de 100 a 150°C. Esta temperatura se origina da plastificação da lignina (\*), que atua como elemento aglomerante das partículas de madeira, não sendo necessário, portanto, a adição de produtos aglomerantes (resinas, ceras). Para o processo de aglomeração é necessária a presença de uma quantidade de água entre 8% e 15% B.H. em que o tamanho máximo da partícula é da ordem de 0,5 a 1cm. Quando se dispõem de resíduos com essas características, a fabricação dos briquetes se torna muito econômica (40-60 KWh/t). Se for necessário secar ou moer os resíduos previamente, os custos aumentam consideravelmente." (LIPPEL, 2015)

Dessa forma tanto a briquetagem quanto a peletização estão ligados a processos que transformam resíduos em combustível sólido através da plastificação da lignina. As principais diferenças entre briquete e pellet são a dimensão dos mesmos, o briquete tem maior tamanho, e o processo de extrusão, no qual a peletização exige um maquinário superior e um processo mais seletivo dos resíduos (LIPPEL, 2015).

## 2.4 POLÍTICAS PÚBLICAS NO BRASIL EM FAVOR DO USO DA BIOMASSA E PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

A crescente preocupação com as mudanças climáticas globais convergiu para políticas globais de redução da poluição e para o reconhecimento da importância da energia de biomassa. (MAPA et al., 2005b, p. 54).

O autor Ribeiro, *et.al.* (2011) entrelinhas defende que:

“Diversos países consideram o uso da biomassa para produção de energia e biocombustíveis, especialmente o etanol e o biodiesel, considerando como uma alternativa promissora capaz de alavancar o desenvolvimento econômico e preservar o meio ambiente” (RIBEIRO, *et al.*, 2011).

Entende-se que o consumo mundial de energia irá variar em função das classes sociais e do local que se ocupa, diferenciando seja ele urbano ou rural, e no Brasil não é diferente (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

O Brasil quando criou o Proálcool (Programa Nacional do Álcool) nos anos 70, não tinha a dimensão do impacto desse programa no século XXI. O governo brasileiro após a primeira crise do petróleo em 1973 decidiu sobre a criação de um programa com o objetivo de produzir um combustível alternativo que substituísse a gasolina para uso carburante.

Pois o Brasil já contava com uma matéria prima, nesse caso a cana-de-açúcar, que era muito adequada para esse fim. Desta forma o aumento de área de plantio e incentivos para instalações de destilaria autônomas foram fortemente estimulados, na forma de financiamento, pelos programas de governo.

Para Milanez, Faveret Filho e Rosa (2008) a extensão territorial e o clima tropical brasileiro fazem com que o país fique em uma colocação privilegiada, principalmente levando em consideração a produção do bioetanol.

No Brasil o etanol é fabricado principalmente pela fermentação da cana-de-açúcar, mas em outros países como estados unidos, produzem a partir de outras matérias primas, no caso o milho que é um material amiláceo. Sendo assim entre 1979 e 1985 a maioria dos carros leves produzidos no Brasil já eram movidos a etanol o que constituiu a segunda etapa do Proálcool. Neste mesmo período, pela demanda, foram criadas inúmeras destilarias o que levou o país a produzir, em 1985, 80% do total global.

Porém em contrapartida, ainda na década de 80, com uma redução significativa do preço do petróleo e aumento do preço do açúcar o programa chegou ao fim, pois não havia mais atratividade na produção do bioetanol.

Por quase 20 anos seguintes o setor esteve em crise, até que em 2003 houve a introdução dos motores flexíveis, ou flex fuel, que trabalha com a mistura gasolina-etanol. E novamente observa-se um crescimento significativo na produção do mesmo até os dias atuais.

Neste contexto para incentivar a utilização de fontes alternativas de energia, o setor público através da Lei nº 10.438 de 26 de abril de 2002, criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa).

A Proinfa é considerada um instrumento de suma importância para que haja a diversificação das matrizes energéticas no Brasil.

A emergência de problemas relacionados ao abastecimento de petróleo obrigou o estado brasileiro a retomar as políticas agroenergéticas para produção de biocombustíveis, materializadas no Plano Nacional de Agroenergia (2006-2011). Os pontos de legitimação social do novo programa agroenergético baseiam-se em supostos benefícios ambientais decorrentes da utilização dos biocombustíveis, por remeter à construção do propalado desenvolvimento sustentável.

Ao atrelar a política agroenergética aos pressupostos do desenvolvimento sustentável, o Estado demonstra que partilha dos ideais defendidos pela sociedade e trabalhando no intuito de atender aos anseios dos cidadãos.

Assim como, a criação da Lei do Biodiesel, nº 11.097/05, aprovada pelo Congresso Nacional, que introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira. Onde o Decreto nº 5.448/05 estabeleceu os percentuais mínimos de 2% e 5% de adição de biodiesel ao óleo diesel, a serem atingidos, respectivamente, a partir de janeiro de 2008 e 2013. Este decreto também determinou que setores específicos (frotas veiculares cativas ou específicas; transporte aquaviário ou ferroviário; geração de energia elétrica e certos processos industriais) podem misturar mais de 2 %, mediante autorização prévia.

A partir de toda essa problemática dos setores de energia bem como o setor ambiental, foi aprovado pelo Senado em 15 de setembro de 2015 o Projeto de Lei do Senado 433/2015, que versa sobre as fontes de energia renováveis como energia solar, biomassa, (onde está incluída a biomassa florestal) e a eólica, que deverão atender no mínimo 15% do consumo anual de energia elétrica no país. O projeto de lei destacando a importância de incentivar o aproveitamento do meio ambiente, sendo então bastante elogiado perante a casa.

Em dezembro de 2017, foi aprovado o Projeto de Lei da Câmara (PLC 160/2017), que cria a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), como o etanol e o biodiesel, produzidos, por uso da biomassa, por exemplo, a partir do bagaço da cana-de-açúcar.

O RenovaBio é uma política de Estado que pretende reconhecer o papel estratégico dos biocombustíveis na matriz de energia nacional, tanto para a segurança energética quanto para redução de emissões de gases causadores do efeito estufa.

Entre os demais objetivos do Renovabio, está o de contribuir para o cumprimento realizado pelo Brasil no Acordo de Paris sobre mudanças climáticas, garantir a eficiência

energética e redução nas emissões de gases, expandir a produção e uso de biocombustíveis, além de assegurar a competitividade dessas fontes no mercado nacional.

De acordo com o Ex Senador Fernando Bezerra Coelho (2017): *“o Brasil nunca possuiu uma política específica para todos os biocombustíveis, de maneira conjunta. Tampouco foram criadas as bases para o desenvolvimento sustentado dessa atividade”*. Ele ainda sustenta que o RenovaBio é importante porque não abrangerá apenas o etanol e o biodiesel, já consolidados no país. E que poderá beneficiar também a produção de biogás, biometano (biogás purificado) e bioquerosene de aviação e carvão vegetal, extraído através dos biomas florestais.

E aprimorar estudos dentro do Setor energético, utilizando-se da biomassa, de plantas nativas da Caatinga, como é o caso da produção de bioetanol produzido a partir da palma forrageira, planta nativa da vegetação Caatinga, que vem se destacando como uma grande matriz energética, acreditando ser o novo calce no desenvolvimento do Semiárido.

Através da criação do Plano Nacional de Energia de 2030 (PNE 2030), o qual já foi aprovado pelo Senado em 2017 e entrará em vigor em 2018, será possível traçar estratégias e definir políticas que garantam a segurança, assim como a qualidade do suprimento energético.

Na região do semiárido brasileiro ainda não detém de um plano energético e tampouco políticas públicas de incentivo regional para a produção de biocombustíveis, porém algumas instituições de pesquisas já desenvolvem por conta própria estudos que visam à utilização da biomassa extraída do bioma Caatinga predominante da região.

Não resta dúvida de que a bioenergia no Brasil e, sobretudo no Nordeste, detém de um brilhante futuro à frente, no que consiste, em termos econômicos, e por desempenhar um papel importante na tentativa para conter os impactos negativos advindos das mudanças climáticas, que são causadas principalmente pelo uso dos combustíveis fósseis.

## 2.5 SEMIÁRIDO BRASILEIRO

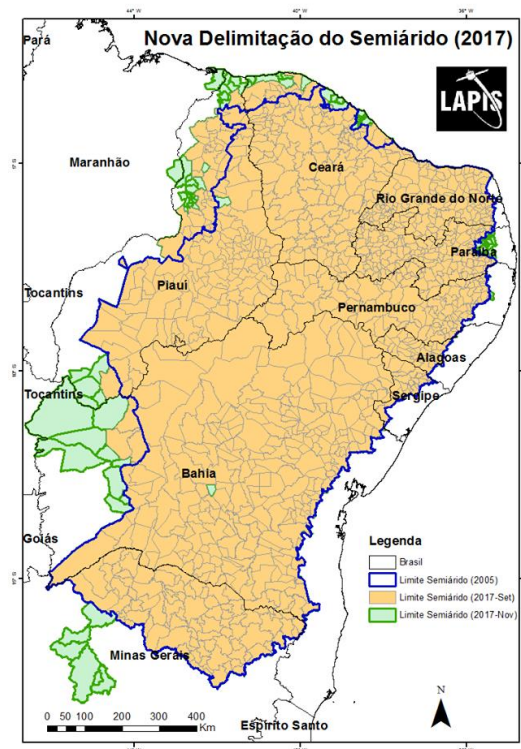
A partir de 2017 o Semiárido teve sua nova delimitação expressa, atualmente é composto por 27.870.241 habitantes e ocupando uma área de 1.128.697 Km<sup>2</sup> (SUDENE, 2017), como mostra (Figura 4).

O Semiárido Brasileiro é agora composto por 1.262 municípios, dos 10 estados que inclui: o Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais.

Os critérios para delimitação do Semiárido foram aprovados pelas Resoluções do Conselho Deliberativo da Sudene de nº 107, de 27/07/2017 e de nº 115, de 23/11/2017 levando-se em consideração:

- Precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm;
- Índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50;
- Percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

Figura 4. Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro.



Fonte: LAPIS (2017).

O solo e a vegetação no semiárido sofre uma grande influencia devido aos fatores climáticos que atinge a região.

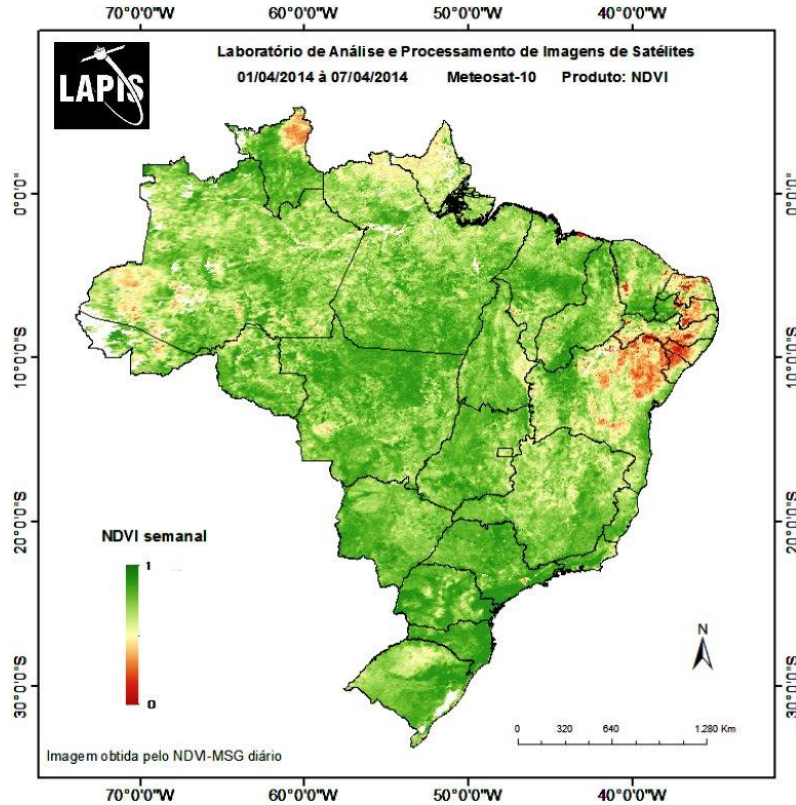
### 2.5.1 Fator Climático

Primeiramente devem-se entender os fatores climáticos do semiárido, com suas secas prolongadas que foram colaboradoras na criação e conservação do Bioma Caatinga.

O semiárido detém de períodos prolongados de seca, principalmente na região Nordeste do Brasil. É o que mostra o mapa da cobertura vegetal da região na (Figura 5), e o

mapa da temperatura na (Figura 6), obtidos por meio de monitoramento por satélite, realizado pelo Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS).

Figura 5. Mapa do Índice de Vegetação por NDVI no Brasil.



Fonte: LAPIS (2014).

Imagens de satélites mostram que, no início de agosto de 2017, 53% dos municípios do Nordeste enfrentavam seca, 952 do total de 1.794 municípios da região.

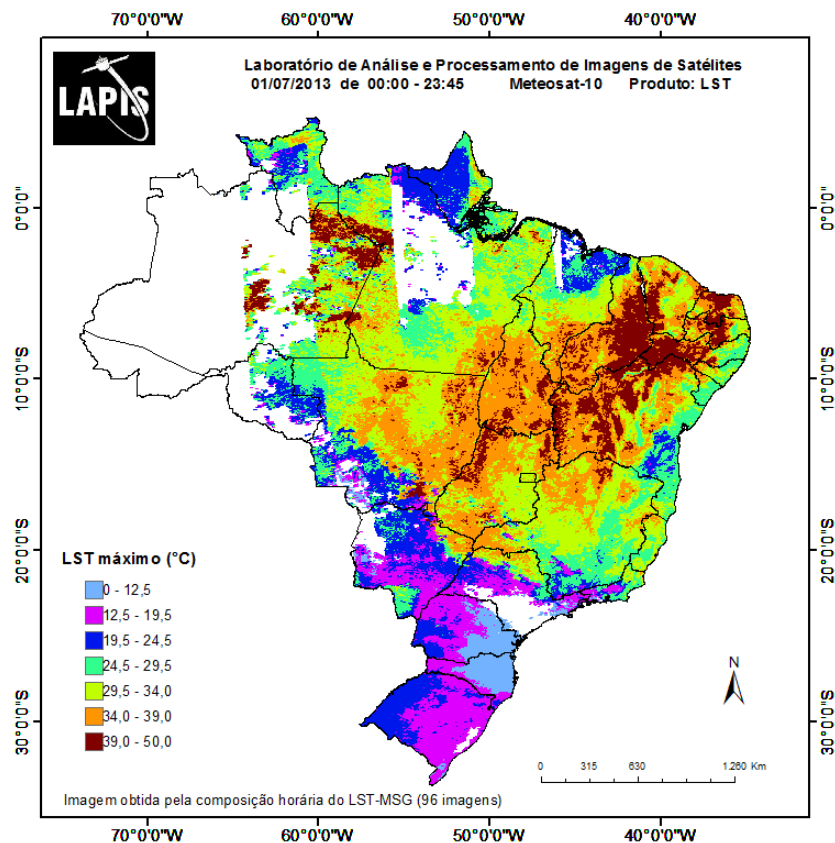
A radiografia permite analisar a rápida mudança na cobertura vegetal, de acordo com a expansão da seca pelos municípios. Desta forma analisa-se que a região do Nordeste tem sido a mais sofrida (LAPIS, 2018).

Uma pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sobre o Perfil dos Municípios Brasileiros (Munic), mostrou que, no período de 2013 a 2016, a região Nordeste apresentou a maior proporção de municípios afetados pela seca (82,6%). Do total de 1.794 municípios do Nordeste, foram registrados eventos de seca em 1.481 deles (IBGE, 2018).

Apesar de esses eventos climáticos serem frequentes, intensos e com profundos impactos socioeconômicos no Nordeste, sendo considerado um dos indicadores para as áreas desertificadas e para o não desenvolvimento desta região, a pesquisa do IBGE mostra que

apenas 15,7% dos municípios da região possuem um plano específico de contingência e/ou prevenção à seca (IBGE, 2018).

Figura 6. Mapa da Precipitação da Temperatura da Superfície Continental no Brasil.



Fonte: LAPIS (2014).

De acordo com o Relatório do Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil (CEPED), no período de 1995-2014, os danos materiais e prejuízos (públicos e privados) causados por desastres naturais, derivados de eventos climáticos no Brasil, foram estimados em R\$ 100 bilhões. Deste total, cerca de 75% estão diretamente vinculados às estiagens e secas, a afetarem frequentemente o Nordeste e as demais regiões do Brasil.

Desta forma segundo o IBGE (2015) A região do Nordeste teve custo total de danos e prejuízos, derivados de eventos climáticos, chegando a cerca de R\$ 47 bilhões. Neste valor está incluso os prejuízos privados nos setores da agricultura, pecuária, indústria e serviços.

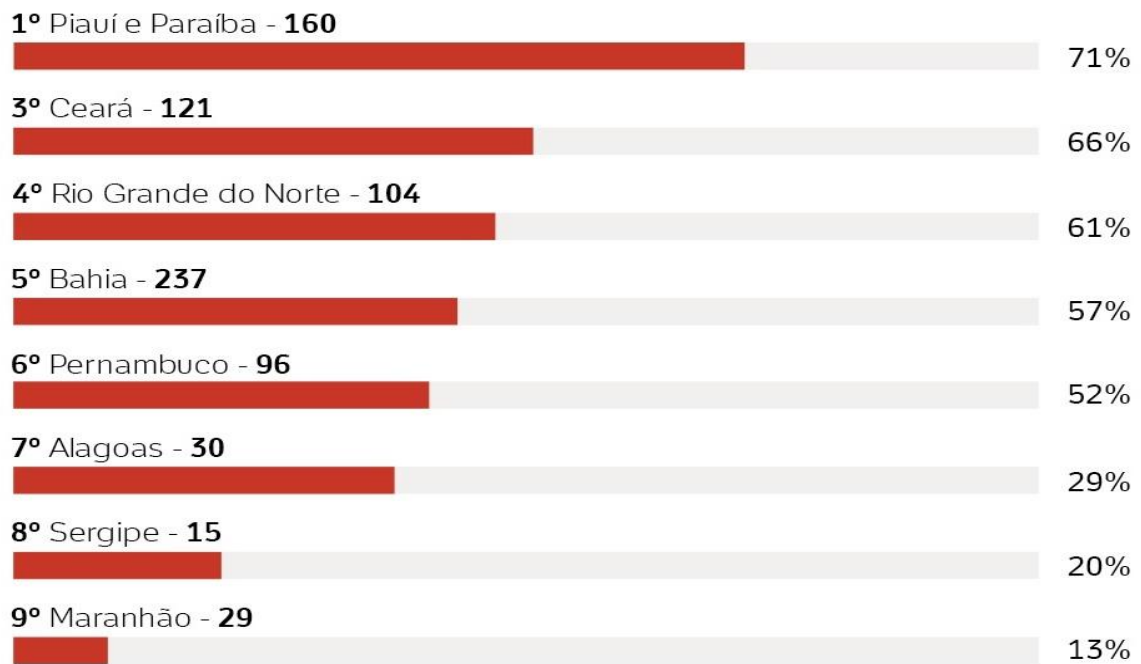
O pesquisador Humberto Barbosa (2018), coordenador do Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites-LAPIS, ressaltou que essa falta de planejamento nos municípios, para o enfrentamento da seca, é o que faz com que o evento climático se torne desastre natural. Ele comenta:



"Mesmo esses 15% dos municípios que possuem um plano específico para lidar com a seca, ainda não analisamos o teor e a qualidade desse instrumento de planejamento, ou seja, não sabemos se realmente as ações planejadas fogem da pauta emergencial, em direção a um projeto permanente para convivência com a seca" (BARBOSA, 2018).

O (Gráfico 3) a seguir mostra o atual ranking da seca nos estados do Nordeste, com os respectivos números de municípios afetados pelo evento climático.

Gráfico 3 – Ranking dos Estados afetados pela Seca no Nordeste do Brasil.



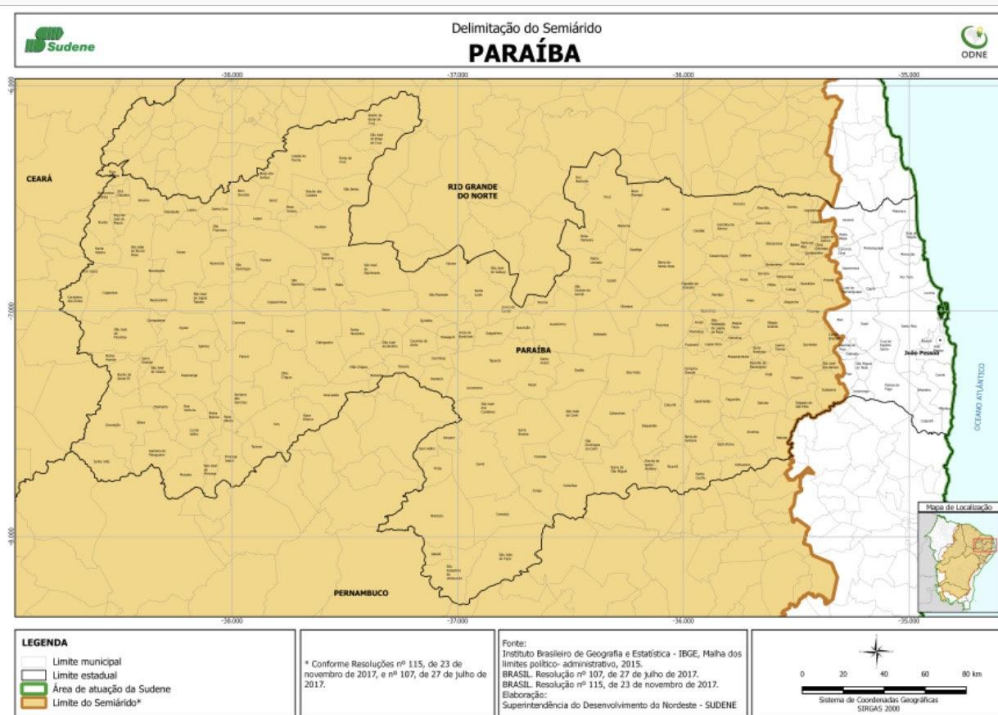
Fonte: LAPIS (2018).

Indicando assim a Paraíba como o estado líder do ranking das secas, dentre todos os estados do Nordeste brasileiro.

### 2.5.2 Semiárido Paraibano

O Semiárido Paraibano, situado no Nordeste do Brasil (Figura 7), apresenta uma área de 51.206 km<sup>2</sup>, que corresponde a 0,600% de todo território nacional, é composto por 194 municípios, com população de 2.498.117 habitantes, o estado da Paraíba é detentor de mais de 90% de sua região pertencente por áreas semiáridas.

Figura 7. Mapa da delimitação do Semiárido no Estado da Paraíba.



Fonte: SUDENE, (2017).

Apesar de muito diversa, a vegetação Paraibana se caracteriza basicamente pela caatinga, cujo bioma ocupa mais de 80% do seu território.

A Caatinga ocupa um total de quase 850.000km<sup>2</sup> devido ao seu clima quente e a região propícia do semiárido que ocupa um total de 982.563,3km<sup>2</sup> de todo território nacional (INSA, 2018).

Mostrando assim que está região tem representação geográfica significativa para o desenvolvimento regional e nacional, porém ainda pouco estudada sobre seu potencial para produção de biocombustíveis, principalmente do ponto de vista tecnológico. Observamos que, historicamente, a ausência da participação social no processo de planejamento das políticas para a região semiárida além de sua vulnerabilidade climática, foi um dos fatores comuns para que essa região continue enfrentando os atuais problemas e não utiliza-los como solução para o desenvolvimento econômico regional.

No entanto, são fundamentais ações estruturais e coordenadas para que a população possa conviver melhor com a seca, bem como a elaboração de políticas públicas voltadas para o uso consciente do bioma dessas regiões, incentivo a agricultura local, devido que a extração exorbitante e sem manejo adequado seja também um dos fatores indicativos de contribuição para a desertificação de áreas as quais ficam mais vulneráveis, além de servir como alavanque

para o aumento na produção de palma que serve também para alimentar o mercado de biocombustíveis e por sua vez o setor de transportes que é o segundo setor que mais cresce atualmente no Brasil.

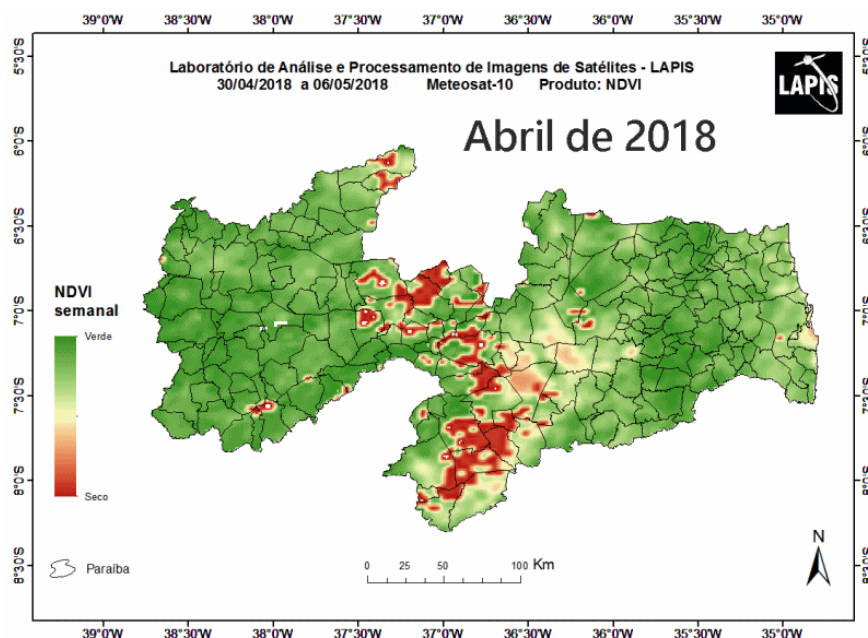
### 2.5.3 Clima na Paraíba

As mudanças climáticas no estado da Paraíba são preocupantes, na sequência, apresenta-se uma radiografia da seca no estado da Paraíba, vista a partir de mapas. Dentre os temas abordados, estão: a condição da cobertura vegetal dos municípios, antes e depois da seca deste ano; os danos e prejuízos causados pela seca; ao estado mais afetado.

Os dados utilizados são oriundos do satélite Meteosat-10, com metodologia desenvolvida pelo Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS), que determina diariamente o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para a região.

Na (Figura 8) observa-se a cobertura vegetal da Paraíba atingida pela mudança climática, onde chuvas ocorreram no mês de abril de 2018.

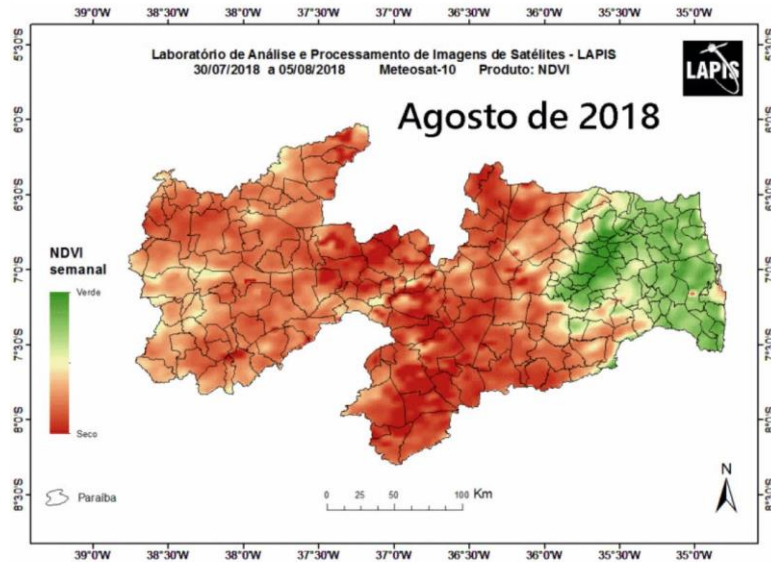
Figura 8. Mapa da cobertura vegetal da Paraíba atingida por períodos de chuvas.



Fonte: LAPIS, (2018).

Logo em seguida através da (Figura 9), percebe-se que com o fim das chuvas, em meados de agosto desse ano houve alteração nos fatores climáticos do estado. Deixando o estado em alerta.

Figura 9. Mapa da cobertura vegetal da Paraíba atingida por períodos de seca.



Fonte: LAPIS, (2018).

De acordo com a atual imagem de satélite da cobertura vegetal da Paraíba, a seca já atinge mais de 71% da Paraíba. Dos 223 municípios, 160 apresentam seca moderada ou grave. O evento climático ocorre, de forma mais grave, nas microrregiões do Cariri, Seridó e Catolé do Rocha.

Esses municípios também são conhecidos pela extração do bioma para a produção (sem manejo) de lenha que abastecem o polo gesseiros e as cerâmicas da região e o não incentivo à produção agrícola.

Enquanto isso, em apenas 63 municípios do Leste do estado, incluindo a Zona da Mata e parte do Agreste, a vegetação está verde, ou seja, as condições climáticas continuam favoráveis e a seca ainda não atingiu a vegetação.

Os mapas acima mostram a rápida mudança ocorrida na vegetação da Paraíba, para a condição de seca. A primeira imagem retrata o estado durante a estação chuvosa, no período de 30 de abril a 06 de maio de 2018, enquanto a segunda mostra as condições atuais da vegetação, no período de 30 de julho a 05 de agosto de 2018.

De acordo com o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil, desde abril deste ano, 197 municípios da Paraíba são reconhecidos em Situação de Emergência, por ocasião de estiagem.

Segundo o IBGE (2018), no período de 2013 a 2016, a Paraíba foi o terceiro estado do Nordeste a registrar maior proporção de municípios atingidos pela seca (91,9%). Por outro lado, apenas 25,6% dos municípios da Paraíba possuem um plano de contingência e/ou prevenção a essa tipologia de desastre natural. Apesar de ainda ser baixo, proporcionalmente, é o estado do Nordeste com maior percentual de municípios a apresentar esse tipo de instrumento de planejamento para minimizar os impactos da seca.

Lembrando que no período de 1995-2014, a Paraíba ocupou o quinto lugar, no Nordeste, como um dos estados mais impactados e submetidos a maiores prejuízos provocados pela seca. Causando uma vasta degradação ao Bioma Caatinga. Os danos materiais e prejuízos (públicos e privados), causados por desastres naturais, derivados de eventos climáticos, foram estimados em 6% do total dos custos na região (IBGE, 2017).

Dessa forma investimentos na agricultura a fim de promover avanço com o uso de tecnologias são as alternativas para o desenvolvimento socioeconômico regional e processos de mitigação em favor das áreas desertificadas.

Os bioenergéticos florestais são a grande promessa para esse bioma da região semiárida, pois é economicamente viável pelo seu baixo custo e, se utilizados de forma sustentável com melhoria dos processos e adaptação de inovações tecnológicas, podem contribuir para a inclusão social, para valorizar os recursos ambientais e para diminuir a vulnerabilidade regional frente às mudanças climáticas.

## 2.6 BIOMA CAATINGA

O termo Caa-tinga, muito antes de ser adotada para designar um bioma, era a expressão empregada pelos índios brasileiros para designar a mata branca que cobria os sertões nordestinos.

A caatinga é vista como um mosaico de arbustos espinhosos e de florestas sazonalmente secas detém mais de 2.000 espécies de plantas vasculares, peixes, répteis, anfíbios, aves e mamíferos (LEAL *et al.*, 2005).

De acordo com o Sistema Nacional de Informações Florestais, em 2009 a área de caatinga no Brasil, era de 844.453 km<sup>2</sup>, representando 9,92% da área territorial do Brasil

levantamento realizado pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), (MMA, 2012).

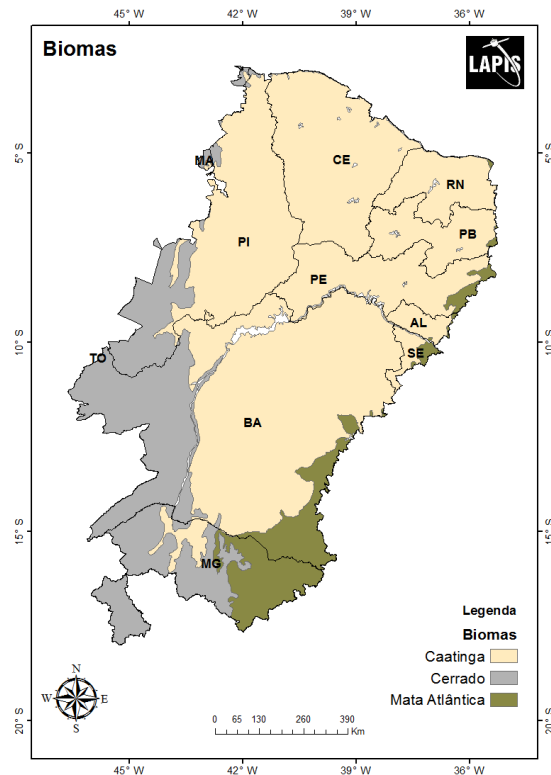
A Caatinga tem o menor número e a menor extensão protegida legalmente dentre todos os biomas do Brasil (LEAL et al., 2005).

Sua totalidade estende-se por diversos estados como mostra (Figura 10), estendendo-se: estado do Ceará (100%), quase por toda Rio Grande do Norte (95%), Paraíba (92%), e Pernambuco (83%), também abrange mais da metade do Piauí (63%), e mais da metade da Bahia (54%), Alagoas (48%), e Sergipe (49%), além de pequenas porções de Minas Gerais (2%) e do Maranhão (1%), (SUDEMA, 2017).

Deve-se considerar que, neste bioma existem 47 unidades de conservação com variados regimes de gerenciamento, que somam 4.956km<sup>2</sup>, aproximadamente 6,4% do bioma. (LEAL et al., 2005). Lembrando que a caatinga é o único bioma exclusivamente brasileiro, abrangendo a maior parte do semiárido. Essa vegetação é dotada de uma rica fauna e flora, apesar de poucos estudos acerca de seus elementos constituintes e falta de visão político-institucional para atuar continuamente na convivência com a seca. A flora deste bioma apresenta uma rica biodiversidade de espécies com portes e arranjos fitossociológicos variados, essenciais para o desenvolvimento regional nordestino, onde já foram registradas 1981 espécies, sendo 318 endêmicas (PEREIRA, et. Al, 2002).

O bioma caatinga é considerado o maior e mais importante ecossistema existente na região Nordeste do Brasil, ocupando praticamente 60% de seu território, que se estende pelo domínio de climas semiárido, em uma área de quase 100 milhões de hectares, o que chega a 11% do território nacional.

Figura 10. Mapa do Bioma Caatinga no Brasil.



Fonte: LAPIS, (2018).

A vegetação de caatinga recobria, originalmente, quase todo o semiárido nordestino, equivalendo a pouco mais da metade dos 1,5 milhão de quilômetros quadrados da região (SAMPAIO & BATISTA, 2004).

Rodal e Sampaio (2002) analisaram as implicações das diferentes descrições e delimitações de caatinga e identificaram três características básicas, na maioria dos escritos:

“(i) a vegetação que cobre uma área grande e mais ou menos contínua, no Nordeste do Brasil, submetida a um clima semiárido, bordejada por áreas de clima mais úmido; (ii) a vegetação desta área, com plantas que apresentam características relacionadas à adaptação da deficiência hídrica (caducifolia, herbáceas anuais, suculência, acúleos e espinhos, predominância de arbustos e árvores de pequeno porte, cobertura descontínua de copas, e (iii) a vegetação com algumas espécies endêmicas a esta área semiárida e com algumas espécies que ocorrem nesta área e em outras áreas secas mais distantes, mas não nas áreas circunvizinhas”. (RODAL & SAMPAIO, 2002)

Segundo Sampaio (2010), a conceituação de caatinga como uma vegetação exclusivamente regional deixa em aberto sua ligação com classificações mais gerais.

Sem dúvida, a diversidade de fisionomias presentes no domínio das caatingas dificulta o enquadramento em qualquer tipologia e sempre haverá áreas de exceção.

Nota-se que a exploração da caatinga deveria ocorrer basicamente sob três formas:

(i) desmatamento legal, autorizado pelos órgãos competentes, para fins de uso alternativo do solo (agricultura, pastagem); (ii) manejo florestal sustentável, autorizado pelos órgãos competentes, para fins de produção madeireira, e (iii) desmatamento ilegal, para fins de uso alternativo do solo e produção madeireira (PAREYN, 2010).

No Brasil a mudança de uso do solo, ou seja, a conversão de terras florestais em terras agropecuárias é a principal causa do desmatamento. Além disso, acontece ainda a degradação florestal, que acaba implicando na redução dos estoques de biomassa das florestas e a diminuição de sua taxa de crescimento, gerando importantes emissões de CO<sub>2</sub> e reduzindo sua capacidade para fixar CO<sub>2</sub> atmosférico, tanto na biomassa viva quanto na biomassa morta e como carbono no solo (BENATTI, 2007).

Tratando-se da utilização da vegetação, as mais importantes categorias de uso de espécies da caatinga são para: construção (70,49% das espécies), uso medicinais (65,57%) (SANTOS et al., 2008), e combustível (54,91%) (FRANCELINO et al., 2003; FIGUEIRÔA et al., 2006; RAMOS et al., 2008; SANTOS et al., 2008; ALVAREZ et al., [s. d.]). O restante da vegetação é usado como pastagem nativa, onde os animais consomem a vegetação herbácea presente na época de chuvas e as folhas de árvores e de arbustos na estação seca (SCHACHT *et al.*, 1989).

Em se tratando de combustível, a lenha que pode ser utilizada já foi a maior fonte energética, abastecendo os fornos industriais, comércio e domicílios, além de carvão vegetal (PAREYN, 2010). Porém nos dias atuais está se descobrindo uma nova perspectiva e desenvolvimento para o setor energético a partir desse bioma.

Desta forma, a gestão atual da terra na caatinga está se tornando insustentável, porque não existem protocolos adequados para refletir condições locais que assegurem a gestão sustentável dos recursos (FIGUEIRÔA *et al.*, 2006).

A demanda industrial e comercial, só na produção de lenha e carvão vegetal que seriam as mais antigas da região gera aproximadamente 9.000 empregos diretos e outros 9.000 empregos indiretos, todos na zona rural, e mais um montante no setor agro-energético, com a produção de biocombustíveis (bioetanol e biodiesel), e produtos medicinais, demonstrando o potencial de contribuição do setor florestal na redução da pobreza. Esses empregos incluem trabalhadores sem-terra (lenhadores), pequenos e médios produtores, transportadores, entre outros (PAREYN, 2010).



De acordo com Araújo (2000), uma área de reserva particular do patrimônio natural (RPPN) no sertão paraibano, a qual não sofre ação antrópica há cerca de vinte e cinco anos, identificaram-se dezesseis famílias botânicas e vinte e cinco espécies.

Por outro lado, segundo Riegelhaupt et al., (2010),

“A caatinga é uma das florestas secas com melhores condições para se inserir no futuro mercado mundial de energéticos florestais por vários motivos, entre eles: o bioma está localizado muito próximo do Atlântico Central, a curtas distâncias dos maiores polos mundiais consumidores de energéticos; a região da caatinga tem densidade populacional relativamente alta e boa infraestrutura viária, portuária e de comunicações; a sustentabilidade da produção está bem demonstrada e seus impactos ambientais são mínimos; 10% da área poderiam estar disponível para manejo, podendo fornecer uma produção sustentável três a quatro vezes maior que a demanda atual, oferecendo assim um *superavit* considerável” (RIEGELHAUPT *et al.*, 2010).

É impossível pensar no desenvolvimento sustentável com base na energia fóssil que, por definição, é não renovável. Desta forma é necessário iniciar uma transição energética para fontes renováveis de energia. Sendo assim, o manejo florestal da Caatinga tem muito a oferecer neste sentido (RIEGELHAUPT *et al.*, 2010).

### 2.6.1 Manejo do Bioma Caatinga

O Manejo pode ser entendido como o conjunto de intervenções efetuadas em uma área florestal, visando à obtenção continuada de produtos e serviços da floresta, mantendo sua capacidade produtiva e a diversidade biológica, é uma atividade relativamente recente no bioma Caatinga, assim como sua investigação (GARIGLIO, 2010).

A utilização da Caatinga para a produção de lenha e carvão tem sido intensiva e desordenada, não havendo prática de reposição florestal. Além da produção para fins energéticos, esse complexo sistema produtivo deveria ser encarado como uma atividade de preservação da biodiversidade, valorizando o seu potencial de suporte social, econômico e ambiental.

A partir da Instrução Normativa Nº 01/94 (BRASIL, 1994) e, posteriormente, das Instruções Normativas Nº 01/98 (BRASIL, 1998) e nº 03/01 (BRASIL, 2001), o IBAMA procurou regular a exploração madeireira da Caatinga, em busca de normatizar a elaboração e a apresentação dos Planos de Manejo, configuradas como documentos capazes de explicitar os aspectos técnicos do manejo florestal a serem adotados, se baseando nos dados do inventário florestal da área.

Entende-se que:

“O manejo sustentável da vegetação do Nordeste é uma perspectiva viável para o desenvolvimento regional e a inclusão do componente florestal pode garantir a produção de madeira, carvão, forragem, frutos, fibras, óleos extrativos e medicinais, biocombustíveis de forma eficiente e equilibrada” (ALVAREZ, 2013).

Acredita-se que o manejo permite a sustentabilidade produtiva, nesse sentido, serão evitados os processos de degradação, assim, poderá reduzir os riscos de desertificação, com impacto direto na viabilidade das propriedades rurais e manutenção do homem no campo, impedindo processos de pobreza rural e urbana (PAREYN, 2010).

Há, inclusive, registros de porções continentais que sofreram processos de desertificação, com desfavorecimento à sobrevivência de animais e plantas em virtude das condições climáticas adversas (EEROLA, 2003).

Desta forma nota-se que estudos sobre a composição e estrutura da vegetação podem fornecer algumas informações básicas para a tomada de decisões, no que tange a aplicação de técnicas de conservação ou manejo florestal, além de entender melhor o potencial de tal vegetação, assim as intervenções nas florestas devem ser planejadas, bem como precedidas de inventário que forneça estimativas da sua composição e de suas estruturas (SOUZA, 2003).

O manejo da Caatinga vem sendo questionado por diversos públicos no que diz respeito a sua sustentabilidade, e lamentavelmente confundido com o desmatamento puro e simples, provavelmente porque os tipos de corte aplicados na Caatinga, ao contrário dos utilizados nas florestas tropicais úmidas, são bastante intensivos, geralmente cortes rasos. Esta opinião “pouco informada” sobre os impactos do manejo na Caatinga omite duas considerações necessárias: *(i) cada tipo de vegetação tem características peculiares e (ii) uma técnica vantajosa em determinado tipo florestal pode não ter iguais valores ou impactos em outra floresta* (RIEGELHAUPTI *et al.*, 2010).

A Caatinga é um bioma do semiárido considerado com característico de um clima marcado por fortes secas e queimadas recorrentes. Desta forma sob tais condições, as espécies arbóreas dominantes têm desenvolvido adaptações como: alta capacidade de regenerar por brotação de tocos e cepas; rápida resposta e alta taxa de crescimento em períodos úmidos; caducifólia e redução significativa do metabolismo em períodos secos (RIEGELHAUPT *et al.*, 2010).

Existem três grandes beneficiários do manejo florestal da Caatinga:

*(i)* o produtor rural: por ter o manejo como uma alternativa produtiva na sua propriedade para gerar renda em base sustentável; *(ii)* o consumidor

(indústria ou comércio): para obter a sua fonte de energia de forma legalizada e regularizada (abastecimento contínuo de origem conhecida); e (iii) o Estado: para exercer a gestão sustentável das florestas, gerando emprego e renda e legalizando a produção e o consumo de produtos florestais (PAREYN, 2010).

Desta forma acredita-se que diante da crescente demanda global por energia renovável, a capacidade do manejo florestal da Caatinga para fornecimento de combustíveis, da biomassa lignocelulósicos, do carvão vegetal, entre outros além de serem realizados com sustentabilidade e mínimos investimentos, irá reduzir efeitos nocivos para o ambiente. Portanto, estará contribuindo para a conservação da biodiversidade, podendo ser considerada como uma vantagem competitiva e uma sólida base para o desenvolvimento da Região Nordeste (RIEGELHAUPT *et al.*, 2010).

Na região do semiárido, o manejo florestal da vegetação nativa que nesse caso será a “caatinga” aparece como uma alternativa sustentável que alia a conservação dos recursos naturais com a geração de renda para as comunidades.

Nessa região já existem disponíveis algumas práticas de sistemas do manejo florestal, que foram desenvolvidos e testados para garantir a produção sustentável de lenha, carvão e também de outros produtos madeireiros e não madeireiros, permitindo ainda a integração com a pecuária extensiva (SILVA *et al.*, 2008).

Na Paraíba o Instituto de Pesquisa do Semiárido-INSA é pioneiro nessas práticas em sua unidade conhecida como estação experimental, tendo contribuído significativamente para os agricultores e fazendeiros locais.

## 2.7 PALMA FORRAGEIRA

A palma forrageira (Figura 11) que é uma planta nativa adaptada a regiões semiárida apresenta muitas variedades e atributos qualitativos e atrativos para a forragicultura, (MARQUES *et al.*, 2017).

Introduzida no Brasil em meados do século XIX e pertence à Divisão: Embryophyta, Sub-divisão: Angiospermea, da Classe: Dicotyledoneae, Sub-classe: Archiclamideae, e Ordem: Opuntiales, família das cactáceas; onde nesta família existem 178 gêneros com cerca de 2.000 espécies conhecidas. Todavia, nos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* estão presentes as espécies de palma mais utilizadas como forrageiras (SILVA e SANTOS, 2007).

Algumas variedades vêm sendo cultivadas devido à tolerância à seca e resistência à cochonilha-do-carmim, agregando ganhos econômicos aos produtores e ampliando suas possibilidades de uso (PEREIRA et al., 2017; SANTIAGO et al., 2018)

A palma forrageira adaptou-se à região semiárida brasileira por apresentar aspectos fisiológicos que permitem seu pleno desenvolvimento em condições adversas, chegando a ocupar no país área superior a 600 mil hectares, predominantemente na região Nordeste (SILVA & SANTOS, 2006; LOPES et al., 2012). A produção da cultura se expandiu principalmente pelos estados de Alagoas, Pernambuco e Paraíba, os quais se destacam como áreas de cultivo de palma no Brasil (PEREIRA & LOPES, 2011).

A palma forrageira apresenta como seus principais atributos sua vasta disponibilidade, ausência de entressafra, baixa necessidade de tecnologia para cultivo, além de ser uma cultura bastante difundida, altamente resistente à seca e de fácil plantio, tornando-a, portanto, uma matéria-prima com potencial energético (TORRES NETO, 2010)

Figura 11. Palma Forrageira plantada no INSA.



Fonte: AUTOR (2018).

A palma forrageira é cultivada em todo o mundo, principalmente para produção de forragem, fármacos, alimentação humana e tratamento de água (BAYAR et al., 2018; VOLPE et al., 2018).

As plantas do gênero *Opuntia* são arbustivas, eretas e podem alcançar 5 m de altura. Possui sistema radicular superficial, com uma raiz principal, que em condições favoráveis de umidade, concentra-se em torno de 30 cm de profundidade, enquanto que, em condições de seca desenvolvem ramificações horizontais que se aprofundam para absorver água em níveis mais baixos.

Essa planta tem sua coloração verde escura, cobertos de uma camada de cera, cuja espessura atinge 10 a 50  $\mu\text{m}$ . As flores possuem 7 a 9 cm de comprimento, têm cor laranja ou amarela, o pericarpo é 2 a 2,5 vezes mais comprido do que o perianto. O fruto possui sabor doce, apresentando 5 a 10 cm de comprimento e 4 a 8 cm de largura, coloração variável, indo desde a amarela, laranja e vermelha com muita polpa e casca fina. As sementes são obovaladas e discóides com 3 a 4 mm de diâmetro (SCHEINVAR, 2001; SÁENZ, 2006).

No plantio das Palmas deve se observar os espaçamentos mais adensados, por considerar o alcance maior na produção, mesmo os custos da palma sendo estabelecidos ocorrem o aumento, além da dificuldade no tratamento do cultivo e a não permissão para o consorcio com outras culturas. (FARIAS et al. (1986). Além de densidades de plantio e consorciação, outro fator que afeta a produtividade da palma forrageira é o manejo da colheita.

As plantas de palma forrageira são fontes de energia, proteína, vitaminas, minerais, folato e compostos bioativos (SILVA et al., 2015). Dessa forma o uso de biomassa regional é fundamental para a redução nos custos de produção de biocompostos (Santos *et al.*, 2011).

Estudos recentes sobre a composição química e valores nutricionais da palma, atraem atenção de pesquisadores de diversas áreas científicas (FERNÁNDES-LOPEZ et al., 2010). Com viés de utiliza-la para produção de biocombustíveis, para o desenvolvimento local e regional das regiões Semiáridas.

### **3 . MATERIAIS E MÉTODOS**

### 3.1 . MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido em parceria com a Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido (INSA) localizado na cidade de Campina Grande, região do Semiárido paraibano, onde foi realizado todo o processo de campo, desde o plantio das palmas Miúda/Doce (*Nopalea cochenillifera*) e Baiana/Palmepa (*Nopalea cochenillifera* Salm – Dyck) até o seu corte. O mesmo também teve parceria direta com o Laboratório Multiusuário de Nutrição Animal da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), onde ocorreram as análises químicas com o intuito de analisar o potencial energético da biomassa da Palma forrageira dessas espécies na produção de biocombustíveis (líquido e sólido). Vale salientar que só a análise do Poder Calorífico (PCS) foi realizado no próprio Laboratório de Materiais e Química Ambiental do Centro de Energias Alternativas e Renováveis (CEAR) localizado na Universidade Federal da Paraíba (Campus – João Pessoa-PB).

#### 3.1.1 1º Visita de Campo (Reconhecimento da área de estudo)

Na primeira etapa foi realizada uma visita a campo a Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido (INSA) localizado na cidade de Campina Grande na Paraíba, no início de 2018 para que dessa forma houvesse o reconhecimento da área de estudo e do talhão onde ocorreria o plantio das espécies da Palma Miúda e Palma Baiana.

#### 3.1.2 2º Visita de Campo (Georeferenciamento)

Posteriormente, em uma segunda visita a campo, no mesmo ano, e já com o plantio das mudas realizados. Com o auxílio do Sistema de Posicionamento Global (GPS) foram coletados um total de 4 pontos de coordenadas geográficas por talhão, totalizando uma demarcação de 8 pontos geográficos os quais demonstram todo o talhão plantado.

Também foi demarcado um ponto extra “coleta central” nos talhões 1 e 2, o qual mostrou sua localização expressa em coordenadas geográficas representadas por: (Talhão 1: Latitude: 7°16'39.36"S e Longitude: 35°57'58.71"W) e ( Talhão 2: Latitude: 7°16'41.35"S e Longitude: 35°57'59.03"W).

Primeiro no talhão 1 onde foi plantada a Palma Miúda e logo em seguida no talhão 2 onde foi plantada a Palma Baiana. Após a gravação dos pontos, foi utilizado a ferramenta de “trilha” do GPS que serviu para fechamento do desenho dos talhões que por sua vez também

está representado em mapa gerado no software do Google Earth e exibido nos resultados, totalizando 527m ou 0.93 hectares para o talhão 1 e 474m ou 0.84 hectares para o talhão 2. Nesta etapa foram realizadas medidas dos espaçamentos do plantio das mudas bem como o acompanhamento do crescimento da mesma. A fim de mensurar dados de custos e produção.

### 3.1.3 3º Visita de Campo (Coleta da Biomassa das Palmas Miúda e Baiana)

Em 2019 após o término do crescimento do plantio foram coletadas amostras da Palma Miúda e Palma Baiana para a caracterização das mesmas. Com o auxílio de um facão realizou-se o corte das duas espécies, onde a partir daí foram encaixotadas cerca de aproximadamente 10 kg de cada espécie de palma e transportadas do INSA até o Laboratório Multiusuário de Nutrição Animal que fica localizado dentro da Universidade Federal do Rio Grande do Norte na cidade de Natal-RN, onde foi armazenada de forma a manter suas propriedades até a realização das análises.

### 3.1.4 Preparo das biomassas de Palma Miúda e Palma Baiana para as análises químicas

As biomassas de Palma Miúda e Palma Baiana foram cortadas manualmente com auxílio de uma tesoura em pedaços menores que 3 cm. Depois foram pesados e secos em estufa de circulação de ar a 55°C por 72 horas. Depois de secos, as biomassas foram moídas em moinho de facas e peneirados utilizando peneiras de 20, 30, 40, 50, 70 e 80 meshes, sendo armazenadas em potes de vidro até o momento das análises. Conforme mostra Figura 12.

Figura 12. Preparo das biomassas de Palma Miúda e Palma Baiana para as análises químicas





Fonte: AUTOR (2019).

#### 3.1.4.1 Procedimentos de análises físico-químicas

Os teores de matéria seca, umidade, matéria orgânica, matéria mineral, proteína bruta e extrato etéreo, foram determinados conforme procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e

lignina foram determinados pelo método sequencial descrito por Van Soest et al. (1991) utilizando equipamento Ankon Fiber Analyzer da ANKOM Technology®. Os teores de hemicelulose e celulose foram determinados pela diferença entre FDN e FDA, e entre o FDA e lignina, respectivamente. O teor de Carboidratos totais foi estimado pela equação: Carboidratos totais (%) = 100 – [Proteína bruta (%) + Extrato etéreo (%) + material mineral (%)] e os de Carboidratos não fibrosos segundo Sniffen et al. (1992).

- **Poder calorífico superior (PCS)**

A análise de poder calorífico superior (PCS) foi determinada pela norma ASTM D5865- 13. São duas medidas comumente usadas para biodegradação. O primeiro é “degrau primário” (radation), que mede a redução de ligações de carbono e hidrogênio (C – H) na solução inicial; esta é a redução da quantidade do lubrificante. A segunda medida de biodegradação é "degradação secundária" ou "degradação final" mede a evolução das emissões de CO<sub>2</sub> através da biodegradação (MILLER, 2012). A análise foi realizada utilizando uma bomba calorimétrica de marca IKA, modelo C-200.

- **Sólidos solúveis em suspensão (SSS) ou BRIX**

Para o ensaio do SSS (Sólidos Solúveis em Suspensão) inicial da biomassa, Foi utilizado da metodologia do Instituto Adolf Lutz (2008) o teor de sólidos solúveis foi obtido por meio de refratometria utilizando-se do refratômetro ABBE de bancada (marca Biobrix).

## **4 . RESULTADOS E DISCUSSÃO**

## 4 . RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 .LEVANTAMENTO DE CAMPO

#### 4.1.1 Georeferenciamento

O georeferenciamento da área de coleta serviu como base para tornarmos conhecida suas coordenadas geográficas. Além de podermos descrever as características e limites de toda a área. Onde através desse processo se pôde mensurar o plantio da palma que ali se encontrava, para que fosse possível mostrar a viabilidade econômica do plantio e da produção.

O autor Allef, (1995) faz menção ao uso de indicadores tecnológicos serem extremamente necessário para identificar problemas em áreas de produção, monitorar a mudança na qualidade do solo relacionado ao manejo de uma agricultura sustentável, e à assistência na formulação e avaliação do uso da terra.

Assim como na Embrapa Semiárido que instituiu um sistema de agricultura de precisão, o qual é uma síntese de informações tecnológicas obtidas de experimentação e observações em escala operacional, integrada em um modelo físico de sistema conduzido ao longo do tempo (CARVALHO, 2000).

Através das coletas dos pontos nos talhões e depois de realizado o georeferenciamento da área de estudo localizada no INSA, foi representado através da (Figura 12). Nota-se que a área de plantio das duas espécies de palmas totaliza quase 2 hectares, sendo elas: 527m ou 0.93 hectares no talhão 1 e 474m ou 0.84 hectares no talhão 2.

O que pode nos dar bastante amplitude em uma escala maior para calcular os custos benefícios de plantio e produção a partir de sua mensuração.

Figura 12. Mapa do recorte dos talhões da palma miúda e baiana no INSA.



Fonte: AUTOR (2019).

A estação experimental do INSA produz três espécies de Palmas forrageiras que são elas:

A palma *Elefante* mais conhecida como palma gigante, possui cladódios que pesem em média 1 Kg, tendo em média 50 cm de comprimento. Esta é a cultivar mais comum no Semiárido nordestino, principalmente devido sua rusticidade.

A segunda é a palma *miúda* ou *doce*, que possui suas raquetes mais espessas que a supracitada. Por sua vez, a cultivar miúda possui raquetes pesando em torno de 350g, com 25 cm de comprimento. Este é o cultivar de menor porte entre as três citadas. Além de ser a mais exigente quanto à qualidade do solo, quantidade de água. Ela é a menos produtiva quanto à produção de matéria verde, em contrapartida é a mais produtiva expressa em matéria seca.

E a terceira é a palma *baiana*, que apresenta cladódios pesando em média 1,8 Kg, medindo aproximadamente 40 cm de comprimento.

Porém nossa análise e coleta foram restritas para as espécies miúda e baiana por conseguirmos acompanhar todo o processo de plantio, até a sua colheita.

#### 4.1.2 Plantio, Irrigação, Adubação e Produção da Palma Forrageira (Miúda e Baiana).

É necessário entender todo o processo para produção da palma, a fim de realizar análises comparativas com outras espécies economicamente viáveis na produção de biocombustíveis. A começar pelo plantio que deve ser feito corretamente na época indicada, ou seja, antes do período das chuvas com raquetes sadias sem cochonilha, de procedência conhecida para evitar a presença da praga no início da plantação.

A palma é, por natureza, uma espécie bastante resistente, sendo, entretanto susceptível a pragas e doenças. Em geral as doenças que atacam estes táxons, estão ligadas a deficiências nutricionais, ou a longos períodos de estiagem. Segundo Fabricante & Feitoza (2009), até então não se houve notícias de casos na Paraíba nem nos estados vizinhos em que uma doença tenha provocado danos econômicos significativos a esta lavoura. Como em outros tipos de cultivos, porém existem duas espécies de cochonilhas que merecem maiores atenções: a cochonilha-de-escama (*Diaspis echinocacti*) e a cochonilha do carmim (*Dactylopius ceylonicus*).

Nos dois talhões que serviu como base para esse trabalho foi plantada cerca de 20 mil mudas por talhão, de forma não consorciada a outros tipos de culturas, porém o INSA em seus demais plantios prefere a utilização do plantio consorciado a outras leguminosas.

Utilizando-se uma trena foi medido o espaçamento do plantio de uma muda de palma para outra. Identificou-se dessa forma que nos talhões das duas espécies de palma foram utilizadas fileiras duplas de 50 cm x 50 cm com um espaço de 1,5 m para outra, porém existem diversos tipos de espaçamento, isso irá depender do valor de área de plantio e do seu adensamento.

O espaçamento no plantio da palma forrageira varia de acordo com a fertilidade do solo, quantidade de chuvas, finalidade de exploração e com sua utilização ou não em consórcio com outras culturas. Dessa forma alguns autores enfocam que o cultivo da palma forrageira em espaçamento adensado tem sido mais utilizado recentemente.

Porém Farias et al., (200) discute por outro lado que com espaçamentos mais adensados, podem-se alcançar maiores produções, mas os custos de estabelecimento do palmar são maiores e os tratos culturais ficam mais difíceis e não permitem consorciação com outras culturas.

Além desses aspectos, neste caso, ocorre uma maior quantidade de nutrientes extraídos do solo, considerando que em espaçamento 2,0 m x 1,0 m tem-se 5.000 plantas/ha, enquanto que no espaçamento 1,0 m x 0,25 m a quantidade de plantas é oito vezes maior, ou

seja, 40.000 plantas/ha, sendo necessário um maior cuidado com as adubações (TELES, et al., 2002).

O plantio de palma realizados no INSA é via por modo de “sequeiro” onde não há existência de irrigação, o que já consegue viabilizar a característica da palma em ser uma planta de grande suporte em lugares semiáridos e com alta resistência a vulnerabilidade climática.

Porém pode-se averiguar a partir do conhecimento dos pesquisadores do INSA e por testes com água de reuso já realizados no local, que, utilizando-se do modo de “sequeiro” as duas espécies de palmas leva quase o dobro do tempo para alcançar o corte de colheita, comparado a cultivos feitos com irrigação. Todavia isso também dependerá dos índices de chuvas na região, o tempo médio a partir de cultivo por modo de sequeiro é de 18 a 24 meses.

Já com o modo de produção via irrigação onde se utiliza o processo de “gotejamento” localizado, se consegue gastar apenas 2 litros de água por talhão de quase 1 hectare a cada oito dias, fazendo com que a palma possa chegar a sua época de colheita, aproximadamente entre 10 e 12 meses, a metade do tempo da tradicional forma de “sequeiro” que é a forma tradicional da região semiárida paraibana.

Ou seja, para uma produção com modo de irrigação por gotejamento utiliza-se um total de 80 a 100 litros de água, por hectare, que pode por sua vez ser coletada por canaletas acopladas em telhados e armazenadas em caixas d’água como forma de reuso de água e utiliza-la para agricultura, sendo uma forma sustentável e sem quaisquer gastos extras para o produtor.

Menezes et al. (2005) relatam que a produção de biomassa pela palma, em comparação com outras culturas agrícolas é mais estável ao longo do tempo, uma vez que é menos afetada pela irregularidade das chuvas nos períodos de seca.

Medidas da produtividade anual de biomassa pela palma em 50 campos de cultivo localizados na região semiárida de Pernambuco e da Paraíba apresentaram média de 74 t.ha-1 de biomassa fresca, enquanto os cinco campos mais produtivos apresentaram média de 170 t.ha-1 de biomassa fresca por ano (MENEZES et al., 2005). A produção do nosso plantio com cerca de 20 mil mudas por talhão chegou a produzir 115 toneladas de palma por hectare. Esses são valores expressivos de produção de biomassa, principalmente considerando a limitação hídrica da região semiárida.

A adubação da palma forrageira é realizada anualmente, a depender da análise do solo e pode ser feita via produtos químicos que estejam de acordo com o manual de



recomendação da análise de solo ou via adubação orgânica que é a mais utilizada na região e pelo INSA a partir do uso de esterco (fezes de animais secas). Para um talhão com 1 hectare é utilizado cerca de 10.000kg de esterco bovino, a saca de 25kg esterco em 2018 chegou a custar em média no mercado o valor de R\$ = 12,00.

Fabricante & Feitoza (2009), entende que deve se proceder com a adubação orgânica na época do plantio com estrume bovino, caprino ou de aves na proporção de 10 a 20 toneladas por hectare e a cada dois anos no período próximo ao início da estação chuvosa. Pois a adubação aumenta a produção e induz resistência da planta à praga.

Segundo Felipe Neves (2015) que é coordenador de pesquisa em plantio de palma na região sul do Brasil, dentro de um hectare, em modelos convencionais de espaçamento, podem ser plantadas de 25 a 30 mil mudas da planta, que rendem cerca de 190 toneladas. Já no modelo intensificado de espaçamento, onde se conseguem plantar de 60 a 70 mil pés, o rendimento varia de 400 a 630 toneladas, está sendo um sucesso absoluto.

A Palma quando se comparada a um plantio de cana de açúcar que é a nossa maior fornecedor de biomassa para a produção de etanol e que na sua alta produtividade, apresenta 100 toneladas/ha, 135 de ATR – equivalente a 13,5 toneladas de açúcar por hectare e 12, 5 de fibra, resultando em e 25 toneladas de bagaço de cana por hectare. A cana assim como a palma detém de valores parecidos para água onde na cana de açúcar encontra-se 70% de água, na palma 80% e em termos de matéria seca a cana de açúcar detém de 30% de matéria seca já a palma em torno de 15 a 25% como apresentado por Rúbio, (2015). Porém o plantio de cana de açúcar gera um custo elevadíssimo, o que torna o plantio de palma um bom concorrente em termos de mercado.

Nessa mesma linha, Santos (2009) afirma que a palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*; *Nopalea cochenilifera*) é ainda mais eficiente no que diz respeito à produção de biomassa devido à unidade de água consumida, por isso é uma espécie bem adaptada e amplamente cultivada na região semiárida nordestina, onde se apresenta como uma das culturas de maior produtividade de biomassa.

Porém dados sobre a produtividade de biomassa da palma forrageira na região do Nordeste ainda são escassos, mas espera-se que essa espécie possa ser capaz de atingir produtividades de biomassa comparáveis às da cana-de-açúcar, porém sem necessidade de irrigação. Sendo assim para Santos (2009), resta, entretanto, determinar se a biomassa da palma poderá ser convertida em etanol de forma economicamente viável. Entretanto esse e



demais estudos recentes já consolidam a ideia da biomassa de palma ser um ótimo material na produção de biocombustíveis tanto sólidos como líquidos.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA DE PALMA

Neste ponto do capítulo são apresentados os resultados da caracterização da palma forrageira. Porém uma observação pertinente a se fazer nesta etapa é que, na caracterização da biomassa da palma a fim de mostrarmos o seu potencial energético tanto para produção de biocombustíveis líquidos ou sólidos, quando se comparado o potencial para se produzir bioetanol, foi verificada a dificuldade do estudo com este tipo de biomassa, sendo esta mencionada por um único pesquisador que utilizou a palma forrageira para tal produção.

Desta forma, não foi possível demais comparações entre trabalhos com esta matéria-prima, sendo as mesmas realizadas a partir de outros materiais lignocelulósicos estudados para a produção principalmente de etanol.

### 4.2.1 Caracterização da Palma Miúda e Baiana

A partir da caracterização das espécies escolhidas foi possível verificar que assim como apresentado por Lopes (2009) que a palma miúda ou doce (*Nopalea cochenillifera*) apresenta um valor nutritivo melhor, quando comparada com as cultivares mais plantadas, Redonda e Gigante, apresentando elevados teores de matéria seca e carboidrato, colaborando com os autores Silva & Santos (2006) que acrescenta a espécie sua fisiologia sendo de porte pequeno e caule ramificado.

Entretanto autores como Neves (2010), entre outros, apontam que a mesma apresenta menor resistência à seca, embora seja resistente à cochonilha do carmim (NEVES et al., 2010; VASCONCELOS et al., 2009).

Por outro lado à variedade “Baiana” ou Palmepa – PB1 (*Nopalea cochenillifera* Salm – Dyck) possui crescimento vertical, boa produtividade, é palatável aos animais, rica em carboidratos, porém pouco resistente à seca quando comparada à palma gigante e resistente à cochonilha do carmim (SENAR, 2013; SILVA, 2017).

A seguir analisaremos a Tabelas 1 e 2 com as características da Palma Miúda e Palma Baiana.

Tabela 1 – Caracterização da Palma Miúda

<b>PARÂMETROS</b>	<b>COMPOSIÇÃO (%)</b>
Umidade	83,52
Matéria Seca	16,48
Matéria Mineral (Cinzas)	9,02
Matéria Orgânica	90,98
Proteína Bruta	2,98
Extrato Etéreo (Gordura)	0,58
Carboidratos Totais	87,42
Fibra em Detergente Neutro (FDN)	33,06
Fibra em Detergente Ácido (FDA)	10,45
Hemicelulose	22,60
Carboidratos Não Fibrosos	54,37
Lignina	0,78
Celulose	9,67
Sólidos Solúveis	14,8 °Brix
Poder Calorífico (PCS)	15399 J/g

Fonte: AUTOR (2019).

Tabela 2 – Caracterização da Palma Baiana

<b>PARÂMETROS</b>	<b>COMPOSIÇÃO (%)</b>
Umidade	88,12
Matéria Seca	11,88
Matéria Mineral (Cinzas)	11,82
Matéria Orgânica	88,18
Proteína Bruta	3,88
Extrato Etéreo (Gordura)	0,46
Carboidratos Totais	83,84
Fibra em Detergente Neutro (FDN)	24,30
Fibra em Detergente Ácido (FDA)	13,14
Hemicelulose	11,17
Carboidratos Não Fibrosos	59,54
Lignina	0,13
Celulose	13,01
Sólidos Solúveis	13,4 °Brix
Poder Calorífico (PCS)	15039 J/g

Fonte: AUTOR (2019).

O autor Wyan (2007) considera que são desejáveis na biomassa para produção de etanol, características que facilitem a conversão de açúcares, assim como tolerância à seca,

redução de exigências de fertilizante e maior teor de carboidratos. Tudo o que pode ser encontrado na caracterização das duas espécies de Palma.

A partir dos resultados da caracterização das palmas apresentados nas (Tabelas 2 e 3) verificou-se um baixo teor na lignina da Palma Miúda sendo de 0,78% e hemicelulose 22,60%, a lignina na Palma Baiana foi de 0,13% e a hemicelulose de 11,17%. Muito parecido quando se comparado à caracterização na produção de bioetanol feito a base de palma elefante, realizado pelo o autor Torres Neto (2015) e com outros materiais lignocelulósicos potenciais para produção de bioetanol.

Para a palma forrageira de outra espécie em estudo de Torres Neto (2015) o teor de lignina foi de 3,36%, enquanto Pitarelo (2007) encontrou teores de lignina em torno de 31 e 40% para o bagaço e palha da cana-de-açúcar, respectivamente, como também Rueda (2010) e Rocha (2010) encontraram teores de 25,1% também no bagaço de cana e 33,62% no pedúnculo de caju, valores estes entre 7 e 12 vezes maiores que o teor encontrado para palma forrageira.

Quanto aos teores de hemicelulose, a palma forrageira apresentou ao autor Torres Neto (2015) sua composição no valor de 10,88%. Também compatível ao que encontramos nas duas espécies. Em outros trabalhos, como o de Rocha (2010), Oliveira (2012) e 44 Rabelo (2010) encontraram valores de 16,33% no pedúnculo de caju, 18,91% e 24,5%, ambos para o bagaço de cana, respectivamente, valores esses, muito parecido com valores da hemicelulose encontrada para palma forrageira da espécie miúda, porém um pouco elevados para espécie baiana, todavia isso pode ter ocorrido devido a fertilização do solo, ou até mesmo pela características da espécie.

Com relação aos teores de  $\alpha$ -celulose, o valor encontrado para palma forrageira foi de 9,67% para a Palma Miúda e 13,01% para a Palma Baiana, diferente da biomassa da palma realizada por Torres Neto (2015) que foi de 37,34%, porém essa variação de porcentagem pode ter ocorrido pela forma da caracterização ou por diversos motivos, bem como por serem de outros tipos de espécie de palma, ou nutrientes adquiridos a partir do solo.

Já as matérias-primas estudadas por Rocha (2010), Oliveira (2012) e Rabelo (2010) apresentaram teores também bastante variados entre 20,91% para o pedúnculo de caju, 38,09% e 40,50% no bagaço de cana, todos sem pré-tratamento, respectivamente, sendo, portanto, valores aproximados à biomassa do caju, porém valores menores do teor apresentado pela cana de açúcar.

Verificaram-se até o momento que a palma forrageira apresenta teor de  $\alpha$ -celulose abaixo aos encontrados em materiais estudados por outros pesquisadores que visam à produção de etanol e teores parecidos para a lignina e hemicelulose, estes que quanto mais elevados para estas matérias-primas, mais dificuldades são encontradas na reação de hidrólise, pois os mesmos dificultam a ação dos agentes hidrolíticos (ácido ou enzimas).

Com base nos valores de lignina e hemicelulose das duas espécies de palma forrageira, respectivamente, pode-se verificar que esta matéria-prima não necessita de pré-tratamentos para remoção/diminuição da hemicelulose e lignina para facilitar a ação dos agentes hidrolíticos, pois se observou que em outros materiais as reduções nestes teores apresentaram residuais, em média, maiores do que os existentes na palma in natura, como por exemplo, Rabelo (2010) que após pré-tratar o bagaço de cana-de-açúcar com  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  obteve teores de lignina e hemicelulose de 8,1 e 12,4%, respectivamente.

Os açúcares encontrados na biomassa das Palmas em concentração de 87,42% e 83,84% faz com que estes carboidratos conferem a planta um grande potencial para utilização em processos industriais. Os Sólidos Solúveis foram quantificados através da análise, onde o Brix cujo valor encontrado foi de 14,8% e 13,4% conforme tabelas 1 e 2, está de acordo com a literatura cujos autores revelam valores que variam de 10,0 a 17,0% (MANICA, (2002); SEPULVEDA & SAENZ, (1990); SAWYA et al., (1983); PIMENTA (1990); OLIVEIRA, et al., (2011)).

A palma também concentra características para a produção de briquetes ou palletes, mesmo detendo de uma grande quantidade de água e umidade. Quando tomado como base às pesquisas de Nogueira (2008) e Lora, et al. (2008), a umidade pode ser mensurada através da quantidade de água disponível na biomassa.

A quantidade de água presente na biomassa de acordo com Brand (2010), é essencial para a produção energética, pois se houver grande quantidade de água no produto, mais tempo e energia serão necessárias para que ocorra a completa combustão. Dessa forma, nota-se que o poder calorífico é inversamente proporcional à umidade do produto energético, tendo em vista que quanto maior o poder calorífico menor o teor de umidade.

Neto et, al., (2010) acredita que a porcentagem de água presente no produto compactado interfere no ciclo energético, pois parte da energia que seria utilizada na etapa de combustão é usada para a secagem do produto.

Foi observado que, ao que tange o poder calorífico líquido depende de diversos fatores. O tipo de biomassa utilizada e principalmente a umidade, podem ser destacadas.

Quanto maior o teor de umidade presente na biomassa, menor o poder de queima do combustível. Porém isso não quer dizer que a biomassa mesmo detendo de um valor alto de umidade como é o caso das duas espécies de Palmas estudadas que detém de mais de 80% de Umidade conforme apresentado nas tabelas a cima, não terão boa reação em sua queima.

Como explica Couto et al. (2004), através de um exemplo da relação entre o poder calorífico e a umidade é a madeira, na qual o poder calorífico pode duplicar se o teor de umidade reduzir, por exemplo de 50% para 20%.

Porém se torna necessária a secagem correta do material, pois combustão direta de resíduos florestais torna-se inviável, uma vez que o elevado teor de umidade presente, cerca de 50%, reduz significativamente o poder calorífico (NETO et al., 2010).

Estudos realizados por Sturion e Tomaselli (1990) sobre a influência do tempo de secagem da biomassa da palma para a produção energética, verifica-se que a diminuição do teor de umidade durante o processo de secagem era proporcional ao aumento do poder calorífico, ou seja, quanto mais seca a biomassa maior a capacidade energética.

O poder calorífico é definido como a dose de calor liberado durante o processo de combustão completa da biomassa energética. Isto normalmente é quantificado quando uma amostra de produto energético é colocada em uma bomba calorimétrica, em atmosfera de oxigênio, permitindo mensurar a energia liberada, normalmente em Kcal/kg (ANON et al., 1995). Existem dois tipos de poder calorífico, o superior e o inferior. O poder calorífico superior (PCS) é determinado em laboratório e pode ser compreendido como a mensuração de um nível mais elevado de calor quando comparado ao poder calorífico inferior (PCI). O poder calorífico superior também pode ser determinado quando ocorre à combustão e o volume permanece constante. Nesta etapa a água formada se condensa de forma que não ocorra perda de calor latente do vapor d'água (PROTÁSIO et al., 2011; REGUEIRA et al., 2002).

Para avaliar o poder calorífico inferior, o calor liberado durante a condensação da umidade presente na amostra é desconsiderado, sendo considerado apenas o calor do combustível realmente utilizado (NOGUEIRA e LORA, 2003).

O poder calorífico superior e o poder calorífico inferior são calculados sem umidade, pois a água presente nos biocombustíveis evapora, em um processo que consome parte do calor gerado, produzindo o poder calorífico inferior na base úmida ou poder calorífico líquido (BRAND, 2010). Considerando ainda a citação de Brand (2010), o teor de umidade, o teor de cinzas, dentre outros fatores relacionados principalmente a composição química da biomassa são fatores que podem influenciar no valor do poder calorífico.

Nossa análise mostrou que o PCS da Palma Miúda foi de 15399 J/g e o PCS da Palma Baiana foi de 15039 J/g o que não se distancia de biomassa da madeira comum que seria em torno de 17000J/g. Mais uma vez mostrando sua eficiência não só para produção de biocombustíveis líquidos (como a produção de bioetanol), quanto na produção de biocombustíveis sólidos (como na produção de briquetes).

#### 4.3 REFLORESTAMENTO A PARTIR DO PLANTIO DE PALMA FORRAGEIRA

Com o avanço de áreas desertificadas na região do Semiárido brasileiro, e principalmente no Estado da Paraíba, como foi visto, lidera o ranking das secas, o INSA está produzindo uma quantidade expressiva de mudas (Figura 13) de vários tipos de plantas exóticas e nativas da Caatinga, principalmente da palma (miúda, baiana e gigante) tendo em vista como foi analisada sua resistência à vulnerabilidade climática que atinge a região semiárida, além de poder também ser utilizada para reflorestamento, auxiliando também os agricultores na alimentação dos animais através das forragens, em períodos extremos de seca na região explorando a máxima energética dessa planta.

Nota-se através de diversos autores que a utilização desta forrageira possibilita a obtenção de vários produtos e subprodutos, com destaque para uso na alimentação animal, na medicina humana, na indústria de cosméticos, na produção de aditivos naturais, dentre outros usos nobres, a exemplo da fabricação de colas, adesivos, corantes e mucilagem. Por estes motivos, a cultura representa uma alternativa de renda para os que habitam as regiões áridas e semiáridas em diferentes partes do mundo (SÁENZ, 2000; FLORES-VALDEZ, 2001; SÁENZ et al., 2004; DUBEUX JÚNIOR et al., 2010).

Devido ao grande aproveitamento energético que a palma tem, mostram-se bastante promissora para agricultura local, promovendo desenvolvimento socioeconômico além de auxiliar para o reflorestamento de áreas desertificadas que propagam ainda maior efeito climático.

Figura 13. Produção de mudas de palmas na Sementeira no INSA



Fonte: AUTOR (INSA, 2018)

A palma forrageira é uma planta adaptada às condições do semiárido, por apresentar características morfofisiológicas, porém a mesma passou a ser cultivada em quase todo território brasileiro nos últimos anos. Estima-se existirem na região nordestina, aproximadamente 600 mil hectares distribuídos nos estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Ceará, Rio Grande do Norte, Sergipe, Piauí e Bahia, representando 90% da área plantada com esta cultura no Brasil (LOPES et al., 2012; FARIAS, 2013).

De acordo com Oliveira (2008), o cultivo da palma ganha cada vez mais importância principalmente quando se tratando do avanço da desertificação, onde o uso de tecnologias apropriadas e de culturas adequadas possibilita o desenvolvimento sustentável. Além disso, Galindo (2005) afirmou que essa cultura consegue trazer diversos benefícios além de ser capaz de contribuir positivamente na viabilidade econômica de pequenas e médias propriedades, e notadamente na alimentação dos rebanhos, além do uso da sua biomassa para outros fins. Não restando dúvidas perante o potencial energético desta planta.



## **5 . CONCLUSÕES**

#### 4 . CONCLUSÕES

Os resultados obtidos a partir deste trabalho mostraram que o Semiárido detém um potencial enorme para o desenvolvimento sócio econômico a partir do uso da biomassa da palma forrageira, principalmente no cultivo dessas plantas para produção de biocombustíveis, porém essa região ainda é vista como improdutivo, desta forma sendo mal explorada e sem o devido monitoramento contínuo de sua vegetação. Além da falta de um posicionamento político consistente em forma de planos e políticas públicas adequadas para região em termos de produção agrícola, causando um retardo ao crescimento da mesma e um dos motivos da evasão na zona rural.

Notou-se que apesar das adversidades climáticas, geológicas e geográficas exercidas sob essa região, podem ser contornadas com a escolha da espécie e de um manejo adequado, visando sempre um maior custo/benefício para o pequeno agricultor, como é o plantio da Palma Forrageira das espécies Miúda e Baiana.

Foi possível analisar a partir do georeferenciamento realizado nos talhões das plantações dessas duas espécies de Palmas, que essa cultura mostrou-se bastante promissora tendo em vista pelo viés econômico de sua produção. Além disso, como se podem observar as duas espécies plantadas se mostraram bastantes resistentes mesmo em um longo período de seca (sem irrigação) e com pouca adubação. Em um área com cerca de 2 hectares, foram plantadas mais de 40 mil mudas, sendo (50% da míuda e 50% da baiana), o palmal chegou a produzir um total de 230 toneladas de palmas, quantidade de biomassa bastante considerável para um custo mínimo, principalmente quando comparado a outras culturas na produção de biocombustíveis.

Dessa forma a realização da caracterização das duas espécies, foi de suma importância, pois quando analisadas verificou-se à confirmação do potencial para produção de etanol principalmente comparada a cana de açúcar. De acordo com as suas características, bem como ao teor de carboidratos, da hemicelulose e da lignina concentrados nas duas espécies de palmas estudadas onde fora encontrado na Palma Miúda, carboidratos totais (87,42%), hemicelulose (22,60%) e lignina (0,78%) e na Palma Baiana, carboidratos totais (83,84%), hemicelulose (11,17%) e lignina (0,13%). Além da possibilidade de se produzir um bom etanol de 2º geração com um custo muito inferior ao que se é produzido a partir da cana de açúcar. As duas espécies de palma também desempenham potencial na produção de biocombustíveis sólidos, como a fabricação de briquetes. Mesmo sendo uma planta

considerada com um alto teor de umidade para queima, pois detém de 80% de água, também a partir da caracterização foi possível verificar que a Palma Miúda, concentra Umidade (83,52) e Matéria Seca (16,48) e seu Poder Calorífico (PCS) é de (15399 J/g) similar a Palma Baiana, que detém de Umidade (88,12), Matéria Seca (11,88), com seu Poder Calorífico (PCS) (15039 J/g). Já sabemos que quanto maior o teor de umidade presente na biomassa, menor o poder de queima do combustível, porém isso não quer dizer que a biomassa mesmo detendo de um valor alto de umidade como é o caso das duas espécies de Palmas estudadas, não terão boa reação em sua queima, tendo em vista que seu poder calorífico pode ser equiparado ao da madeira do eucalipto por exemplo.

Não resta dúvidas quanto ao potencial energético da Palma Forrageira tanto da espécie Miúda quanto da espécie Baiana, e que a mesma será o alavanque para o desenvolvimento econômico da região além de ser uma boa participante nos projetos de ações contra a desertificação de áreas na região do Semiárido.

## **6 REFERÊNCIAS**

## REFERÊNCIAS

- ABÍLIO, F. J. P. **Educação Ambiental: Conceitos, Princípios e Tendências**. In: \_\_\_\_\_ (Org.). *Educação Ambiental para o Semiárido*. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2011. cap. 2, p. 97-136.
- ALEF, K. **Estimation of the hydrolysis of fluorescein diacetate**. In: Alef, K., Nannipieri, P. (Eds.), *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, London, 1995, p. 232–238.
- ALVAREZ, I. A. et al. **Potencial energético de área conservada de caatinga em Petrolina -PE**. Brasil. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/157736/1/OPB2315.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2018.
- ANON, J., A., R.; LOPEZ, F. F.; CASTIFIERAS, J. P.; LEDO, J. P.; REGUEIRA, L. N. Calorific values and flammability for forest wastes during the seasons of the year. **Bioresource Technology**, Santiago de Compostela, v.52, p. 269-274, 1995.
- ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, **Principais biocombustíveis líquidos usados no Brasil**, 2018. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acessado em julho de 2018.
- BAYAR, N.; FRIJI, M.; KAMMOUN, R. Optimization of enzymatic extraction of pectin from *Opuntia ficus indica* cladodes after mucilage removal. **Food Chemistry**, v. 241, p. 127-134, 2018.
- BARBOSA, Humberto. Entrevista: importância do monitoramento das regiões afetadas pela seca. Laboratório de análise e processamento de imagens de satélites-LAPIS, **Mapa da Precipitação da Temperatura da Superfície Continental no Brasil**. 2018.
- BENATTI, P. Mudanças climáticas: é tempo de agir. 6º Fórum Latino Americano sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – **Mudanças Climáticas**. Belo Horizonte, MG. 2007. Disponível em: [http://www.ecolatina.com.br/pdf/anais/6\\_Forum\\_Latino\\_Americano/PaulaBennati.pdf](http://www.ecolatina.com.br/pdf/anais/6_Forum_Latino_Americano/PaulaBennati.pdf). Acesso em: 20 ago. 2018
- BRAND, M. A. Energia de biomassa florestal. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2010. 131 p.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação no Brasil**. Brasília: MMA/Secretaria de Recursos Hídricos. 2007. 134p (PDF) Degradação Ambiental Agropecuária no Bioma Caatinga. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/306433442\\_Degradacao\\_Ambiental\\_Agropecuaria\\_no\\_Bioma\\_Caatinga](https://www.researchgate.net/publication/306433442_Degradacao_Ambiental_Agropecuaria_no_Bioma_Caatinga) [accessed Oct 29 2018].

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: SFB, 2010. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2015/02/programa-na-caatinga-promovera-uso-florestal-sustentavel>. Acesso: 20 de Agosto de 2018.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Nova delimitação do semi-árido brasileiro. Brasília: **Ministério da Integração Nacional**; 2017.

BUCK SCHMIDT , Jéssica Andressa. **Estudo da viabilidade de produção de briquetes de biomassa de madeira na região de Lages**. Lages-SC. Brazil, 2015.

CAATINGA VIVA, PROJETO. **Produção de Briquetes**. 2015. Disponível em: < <http://www.projetocaatingaviva.com.br/index.php/o-projeto/producao-de-briquetes> > Acesso: 01 jun 2019.

CARVALHO, O.M.F. et al. Sistemas de produção. Documentos: **Embrapa Semi-Árido**. 2000.

CAVALCANTI, M. L. C.; CAVALCANTI, R. S. T. ; BENICIO, P. C. N. . Brasil e seu potencial geográfico para o desenvolvimento econômico e ambiental através dos planos nacionais em apoio as energias renováveis. In: Ranyere Silva Nóbrega; Alexia Serpa da Silva; Ana Karoline de Carvalho Silva; Ana Márcia Moura da Costa; Assiria Marielle.... (Org.). Água: Discussões sobre o uso, acesso e inovação.. 1ed. Recife-PE: **Itacaiúnas, 2018**, v. 1, p. 1.

CAPOTE, F. G. **Caracterização e classificação de co-produtos compactados da biomassa para fins energéticos**. 2012. p.73. Dissertação (Mestrado Interinstitucional em Bioenergia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

COUTO et al.; Couto. L.; Waltzlavick, L. F.; Câmara, D.; Vias de valorização energéticas da biomassa. **Biomassa & Energia**, v.1, n.1. p 71-92, 2004.

DIBLASI FILHO, I. Ecologia Geral. 1º ed. São Paulo: **Ciência Moderna**, 2007. 52 p.

DRUMOND, M.A., KIILL, L.H.P., LIMA, P.C.F., OLIVEIRA, M.C., OLIVEIRA, V.R., ALBUQUERQUE, S.G., NASCIMENTO, C.E.S. & CAVALCANTE, J. 2000. Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da caatinga. In Seminário para avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga. Embrapa/Cpatsa, UFPE e **Conservation International do Brasil**, Petrolina, 2000.

EEROLA, T.T. **Mudanças climáticas globais: passado, presente e futuro, 2003**. Disponível em: [http://www.helsinki.fi/hum/ibero/xaman/articulos/2003\\_01/mudancas\\_climaticas\\_glo\\_bais.pdf](http://www.helsinki.fi/hum/ibero/xaman/articulos/2003_01/mudancas_climaticas_glo_bais.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2018.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Relatório técnico do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido - CPATSA 2015-2017**. Petrolina, PE, 175 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília : Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro : **Embrapa Solos**, 2014. 412 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Monitoramento por satélite 2017. **Monitoramento orbital de queimadas**. Acesso em: 20 Junho de 2018.

FARIAS, V. F. S. **Avaliação do desenvolvimento, qualidade e capacidade antioxidante em brotos de palma** (*Opuntia* sp.) para o consumo humano. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2013.

FARIAS, I; LIRA, M. A.; SANTOS, D.C. dos; FERNANDES, A. P. M.; TAVARES FILHO, J. J.; SANTOS, M. V. F. dos. Efeito da frequência e intensidade de corte em diferentes espaçamentos na cultura da palma forrageira (*Opuntia fícus-indica* Mill), em consorcio com sorgo granífero (*Sorghum Bicolor* (L) Moench). **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v.6, p5-11, 1989. Número especial.

FARIAS, I, et al. Manejo de colheita e espaçamento da palma-forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesq. agropec. bras.** vol.35 no.2 Brasília. 2000.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A.; ALMELA, L.; OBÓN, J. M.; CASTELLAR, R. **Determination of antioxidant constituents in Cactus Pear Fruits. Plant foods for human nutrition**, v. 65, n. 3, p. 253-259, 2010.

FILIPPETTO, D. **Briquetagem de resíduos vegetais: viabilidade técnicoeconômica e potencial de mercado**. 2008. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, 2008.

FIGUEIRÔA, J. M. et al. Effects of cutting regimes in the dry and wet season on survival and sprouting of woody species from the semi-arid caatinga of northeast Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 229, p. 294-303, 2006.

FRANCELINO, M.R. ; FILHO, E. I. F.; RESENDE, M.; LEITE, H. G. Contribuição da caatinga na sustentabilidade de projetos de assentamentos no sertão norte-rio-grandense. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.1, p.79-86, 2003.

GARIGLIO, M. A. A Rede de manejo florestal da caatinga. In: \_\_\_\_\_ et al. (Org.). Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. Brasília: **Serviço Florestal Brasileiro**, 2010. p. 199-204.

GENTIL, L.V.B. Tese de Doutorado: **Tecnologia e Economia do Briquete de Madeira**. 2008. 175 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

GOLDEMBERG, José and LUCON, Oswaldo. **Energia e meio ambiente no Brasil. Estud. av.** [online]. 2007, vol.21, n.59, pp.7-20.

HILLS, F. S. Resistência à seca e eficiência no uso da água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ALGARROBA, **Anais... EMPARN**, p. 55-89, 1982.

HINRICHS, R.A.; KLEINBACH, M.; REIS, L.B. Energia e meio ambiente. 5 ed. São Paulo. **Cengage Learning**, 2014.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. (2014) **Instrução Normativa N° 01/94, 01/98 e 03/01**. Brasil.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, sobre o **Perfil dos Municípios Brasileiros (Munic) do período de 2013 a 2016**. Acesso. Julho de 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, **Ranking dos estados em períodos de seca no ano de 2017**. Acesso. Julho de 2018.

IEA. Technology roadmap. Deliv. Sustain. **Bioenergy**, 94 (2017)

INSA – Instituto Nacional do Semiárido. Livro de cordel **“Outra Visão, Outro Sertão”**. Campina Grande. Brasil, 2011.

INSA – Instituto Nacional do Semiárido. Sinopse do Censo Demográfico para o semiárido brasileiro. Campina Grande: INSA, 2012.

JANNUZZI, G. M.; SWISHER, J.N.P. **Planejamento integrado de recursos energéticos – meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis**. Campinas: Autores Associados, 1997. 174p.

LABORATÓRIO DE ANÁLISE E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SATÉLITES-LAPIS, **Mapa da Precipitação da Temperatura da Superfície Continental no Brasil**. 2014.

LABORATÓRIO DE ANÁLISE E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SATÉLITES-LAPIS, **Mapa da mudança da cobertura vegetal do estado da Paraíba entre o período de abril e agosto de 2018**. Acesso: Setembro de 2018.

LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. **Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)**. Eschborn-Alemanha. p. 294-296; 272-274; 310-313.

LAPIS - Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites, **Mapa da Delimitação do Semiárido**, Brasil, 2018.

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



L.J.R.NUNES, T.P.CAUSER, D.CIOLKOSZ. Biomass for energy: A review on supply chain management models. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. Volume 120, March 2020, 109658.

LIPPEL. **Transformando resíduos de biomassa em briquetes e pellets**. 2015 Disponível em: <http://www.lippel.com.br/br/sustentabilidade/briquetagem-e-peletizacao#.VXdTps9Viko>> Acesso: 18 mai 2019.

LOPES, E. B.; SANTOS, D. C.; VASCONCELOS, M. F. Cultivo da palma forrageira. In: LOPES, E. B. (Ed.). **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no Semiárido nordestino**. João Pessoa: EMEPAPB, 2012. p. 21-60.

LOPES, E. B.; BRITO, C. H. DE; ALBUQUERQUE, I. C. DE; BATISTA, J. DE L. **Efeito de formas de plantio na produção de cladódios em palma doce**. Engenharia Ambiental, v. 6, n. 1, p. 303-308, 2009.

LORA, E. E. S.; AYARZA, J. A. C. Gaseificação. CORTEZ, Luis Augusto Barbosa (Org). In: \_\_\_\_\_. **Biomassa Para Energia**. Campinas-SP: Editora Unicamp, 2008. p. 241-327.

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

MANICA,I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas: técnicas de produção e mercado: feijoa, figo da india, fruta pão, jaca, litchia, mangaba**. Porto Alegre: cinco continentes. 2002. 541p.

MARQUES, M. et al. **Conversão de Energia** – eficiência energética de equipamentos e instalações – 3 ed. Itajubá: FUPAI, 2006. 597p.

MARQUES, O. F. C.; GOMES, L. S. de P.; MOURTHÉ, M. H. F.; BRAZ, T. G. dos S.; PIRES NETO, O. de S. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

MAPA; MCT; MME; MDI&CE. **Diretrizes de política de agroenergia 2006-2011**. Brasília, DF: MAPA, 2005a. Disponível em: Acesso em: 22 abr. 2018.

MEDEIROS NETO, P. N.; OLIVEIRA, E.; PAES, J. B. Relações entre as características da madeira e do carvão vegetal de duas espécies da Caatinga. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.21 n.4. p. 484-493, 2014.

MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; SOUZA, F.J. Produtividade de palma em propriedades rurais. 2005. In: MENEZES, R.S.C.; MILANEZ, A.Y., FAVERET FILHO, P. S. C., & ROSA, S. E. S. (2008). **Perspectivas para o etanol brasileiro**. *BNDES Setorial*, 27, pp. 21-38.

MILLER, M. Fundamentals of Biobased and Biodegradable Lubricants: A Real World Perspective. **Journal of ASTM International**, v. 9, n. 5, p. 103578, 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2012. First national report for the Convention on Biological Diversity. Brazil. **Secretaria de Biodiversidade e Florestas**, MMA, Brasília.

MUSCAT, A.; OLDE, E. M.; BOER, I. J. M.; RIPOLL-BOSCH, R. The battle for biomass: A systematic review of food-feed-fuel competition. **Global Food Security**, In press, n. 100330, 2019.

N. SCARLAT, J.-F. DALLEMAND, N. TAYLOR, M. BANJA, J. SANCHEZ LOPEZ, M. AVRAAMIDES. **Brief on biomass for energy in the European Union** (2019).

N.-T. Son, C.-F. Chen, C.-R. Chen, B.-X. Thanh, T.-H. Vuong. Assessment of urbanization and urban heat islands in Ho Chi Minh City, Vietnam using Landsat data. **Sustain. Cities Soc.**, 30 (2017), pp. 150-161.

NETO, J. M.; BALBINOT, R.; MIRANDA, G. M.; SCHIRMER, W. N. Estudo da viabilidade de implantação de uma usina de briquetagem no município de Palmas, Paraná. **Revista da Madeira**, v. 20, n 122, p 64-72, 2010.

NEVES, A. L. A.; PEREIRA, L. G. R.; SANTOS, R. D. dos; VOLTOLINI, T. V.; ARAÚJO, G. G. L. de; MORAES, S. A. de; ARAGÃO, A. S. L. de; COSTA, C. T. F. Plantio e uso da palma forrageira na alimentação de bovinos no semiárido brasileiro. Juiz de Fora: **Embrapa Gado de Leite**, 2010. 7 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 62). Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/885598/1/COT62Andre.pdf> >. Acesso em: 15 out. 2019.

NELY ALEXANDRE; MARÇAL; RICHARDE MARQUES DA SILVA B. ;CELSO AUGUSTO GUIMARÃES SANTOS; JOEL SILVA DOSSANTOS C. Analysis of the environmental thermal comfort conditions in public squares in the semiarid region of northeastern Brazil. **Building and Environment**, Volume 152, April 2019, Pages 145-159.

NOGUEIRA, M. F. M. **Biomassa Energética: Caracterização da Biomassa**. Palestra Proferida na I Escola de Combustão, Florianópolis – SC 2007.

OLIVEIRA, C. C. S. **Otimização do pré-tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino a alta concentração de sólidos para a hidrólise enzimática de bagaço de cana-de-açúcar**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia Química. Unicamp, 2012.

OLIVEIRA, E. A.; JUNQUEIRA, S. F. & MASCARENHAS, R. J. **Caracterização físico-química e nutricional do fruto da palma (opuntia fícus indica L. Mill) cultivada no sertão do sub-médio São Francisco**. IFPE - Campos Sertão, 2011.

PAULA, L. E. R.; TRUGILHO, P. F.; REZENDE, R. N.; ASSIS, C. O.; BALIZA, A. E. R. Produção e avaliação de briquetes de resíduos lignocelulósicos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Minas Gerais, p. 103-112. 01 jun. 2011. Disponível em: Acesso em: 10 fev. 2019.

PACHECO, F. **Energias Renováveis: breves Conceitos**. Economia e Destaque. 2006, n. 149, pp. 4-11.

PAES, J. B.; LIMA, C. R.; OLIVEIRA, E.; MEDEIROS NETO, P. N. **Características físico-química, energética e dimensões das fibras de três espécies florestais do semiárido brasileiro. Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.20, n.4, p.550-555, 2013.

PLANO NACIONAL DE AGROENERGIA 2006-2011. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica, 2005b**. Acesso em: 22 abr. 2018.

PAREYN, F. G.; GARIGLIO, M. A.; OLIVEIRA, J. D. L. de; FALCÃO, M. F. P. **Manejo florestal sustentado da caatinga**. 2.ed. Brasília, DF: IBAMA, 1999. 28 p. il.

PAREYN, F. G. C. 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.

PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L. A.; BARBOSA, M. R. V.; SAMPAIO, E. V. S. B. Composição florística e análise fitossociológica do componente lenhoso de um remanescente de caatinga no Agreste Paraibano. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, n. 3, p. 357-369, 2002.

PEREIRA, P. de C.; SILVA, T. G. F. da; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; SILVA, M. J. da. Water balance in soil cultivated with forage cactus clones under irrigation. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 776-785, 2017.

PEREIRA, E. F. P.; LOPES, P. S. Q. **Palma - Ouro Verde do Semiárido**. João Pessoa: FAEPA/SENAR/PB, 2011. 16p.

PEREIRA, M. G.; FIDELIS DA SILVA, N.; GALVÃO, M. L. M; DANTAS, E. J. A. Scarcity and Abundance in the Brazilian Semi-arid: The Strategies for Harnessing the Renewable Energy Potential of the Region (Re)Differentiating the Territory. **Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, 2019**.

PIMIANTA, B. E. **El nopal tunero**. Univ. de Guadalajara, México, 1990.

PITARELO, A. P. **Avaliação da susceptibilidade do bagaço e da palha de cana-de-açúcar à bioconversão via pré-tratamento a vapor e hidrólise enzimática**. Dissertação de mestrado em química. Universidade Federal do Paraná, 2007.

POORE, J.; NEMECEK, T. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. **Science**, volume 360, issue 6392, 1 June 2018, pages 987-992.

PORTO, M. F. S.; FINAMORE, R.; FERREIRA, H. Injustiças da sustentabilidade: Conflitos ambientais relacionados à produção de energia “limpa” no Brasil. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, 2013 <http://rccs.revues.org/5217>.

PROTÁSIO, T. P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G. H. D.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P.F.; JUNIOR, GUIMARAES, M. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. **Pesquisa florestal brasileira**, v.31, n. 66. p.113-122, 2011.

- RABELO, S. C. **Avaliação e otimização de pré-tratamentos e hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de etanol de segunda geração.** Tese de doutorado. Faculdade de Engenharia Química. Unicamp, 2010.
- RAMOS, M. A. et al. Use and knowledge of fuelwood in an area of Caatinga vegetation in NE Brazil. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 32, p. 510-517, 2008.
- REDEAGRO. Rede de Conhecimento do Agronegócio. **Uso da terra no Brasil.** 2012. Disponível em: . Acesso em: abr. 2018.
- REGUEIRA, L. N.; ANON, J. R.; PROUPIN, J.; DIZ, A. V. Calorimetry as a tool to design campaigns to prevent and fight forest fires originating from shrub species. **Thermochimica Acta**, n.394, p. 279–289, 2002.
- RIBEIRO, R.M; DIAS, L.A.S.; BERGER, P.G.;DIAS,D.C.F.S. **Agroenergia na mitigação das mudanças climáticas globais, na segurança energética e na promoção social.**Viçosa.Suprema, 2011.
- RIEGELHAUPT, E.; PAREYN, F. G. C.; BACALINI, P. O manejo florestal na caatinga: resultados da experimentação. In: GARIGLIO, M. A. et al. (Org.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga.** Brasília: **Serviço Florestal Brasileiro**, 2010. p. 199-204.
- RIEGELHAUPT, E. M.; PAREYN, F. G. C.; GARIGLIO, M. A. 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.
- ROCHA, M. V. P. **Produção de bioetanol a partir do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale L.*) por fermentação submersa.** Tese de doutorado em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.
- RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; FIGUEIREDO, M. A. Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico - ecossistema caatinga. Brasília, **Sociedade Botânica do Brasil**, 2002. 24 pg.
- RUEDA, S. M. G. **Pré-tratamento e hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar.** Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia Química. Unicamp, 2010.
- SAMPAIO, Y. & J.E.M. BATISTA. 2004. Desenvolvimento regional e pressões antrópicas no bioma Caatinga. In: J.M.C. Silva, M. Tabarelli, M.T. Fonseca & L.V. Lins (orgs.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação.** pp. 311-324. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.2004.
- SAMPAIO, E. V. S. B. Overview of the Brazilian caatinga. In: BULLOCK, S. H.; MOONEY, H. A.; MEDINA, E. (Eds.). **Seasonally dry tropical forests.** Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 35-63.

SANTOS, J. P.; ARAÚJO, E. L.; ALBUQUERQUE, U. P. 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, 2008.

SANTOS (b), T. C.; SOARES, G. A.; ROCHA, T. J. O.; FERREIRA, A. N.; PACHECO, C. S. V.; FRANCO, M. Quantificação da atividade de CMCase e FPase produzidas a partir da fermentação em estado sólido da palma forrageira. **Exatas Online Revista Científica do Departamento de Química e Exatas**, v.2, p.22-29, 2011.

SANTIAGO, E.D; DOMÍNGUEZ-FERNÁNDEZ, M.; CID, C; PEÑA, M. P. D. Impacto of cooking processon nutritional composition and antioxidants of cactuscladodes (opuntia ficus-indica). *Food Chemistry*, v.240, p 1055-1062, 2018. de los nopales. In: SÁENZ, C.; BERGER, H.; GARCÍA, J. C.; GALLETI, L.; CORTÁZAR, V. G.; HIGUERA, I.; MONDRAGÓN, C.; RODRÍGUEZ-FÉLIX, A.; SEPÚLVEDA, E.; VARNERO, M. T. **Utilización agroindustrial del nopal**. Roma: FAO, 2006. p. 7-22

SAWAYA, W. N., J. K. KHALIL e M.M. AL-HAMMAD. Nutritive value of prickly pear seeds, **Opuntia ficus-indica**, 1983.

SENAR. **Palma forrageira: Cultivo de palma forrageira no semiárido brasileiro**. Coleção SENAR. Série II, Brasília, DF, 2013. 52 p.

SEPÚLVEDA, E.; SÁENZ, C. Características químicas y físicas de pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica* L.). **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**. Valência, v. 30, n. 4, p. 551-555, 1990.

SCHACHT, W. H. et al. Response of caatinga vegetation to decreasing levels of canopy cover. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 11, p. 1421-1426, 1989.

SHEINVAR, L. Taxonomias opuntias utilizadas. BARBERA, Guisepe; INGLESE, Paolo (Eds.). **Agroecologia, cultivos e usos da palma forrageira**. Paraíba: SEBRAE/PB, 2001. p.20-27.

SCHUTZ, F. C. de A.; ANAMI, M. H.; TRAVESSINI, R. Desenvolvimento e ensaio de briquetes fabricados a partir de resíduos ligno-celulósicos da agroindustria. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, Medianeira, v. 1, n. 1, p.1-8, 2010.

SILVA, C. C. F. da; SANTOS, L. C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 7, n. 10, p. 1-13, 2006.

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

SILVA, L. B.; SANTOS, F. A. R.; GASSON, P.; CUTLER, D. Anatomia e densidade básica da madeira de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Fabaceae), espécie endêmica da caatinga do Nordeste do Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.23, n.2, p.436-445. 2009.

SILVA, A. P. G. da; SOUZA, C. C. E. de; RIBEIRO, J. E. S.; SANTOS, M. C. G. dos; PONTES, A. L. de S.; MADRUGA, M. S. Características físicas, químicas e bromatológicas de palma gigante (*Opuntia ficus-indica*) e miúda (*Nopalea cochenillifera*) oriundas do estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 9, n. 2, p. 1810-1820, 2015.

SOUZA, D. R. **Sustentabilidade ambiental e econômica do manejo em floresta ombrófila densa de terra firme**, Amazônia Oriental. 2003. 123 f. Tese (Doutorado em Ciência Forestal)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SUDEMA - SUPERINTENDÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. **Informações sobre a região do Semiárido**. Disponível em < [www.sudema.pb.gov.br](http://www.sudema.pb.gov.br)> Acesso em: 25/08/2018.

SUDENE, SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Nova delimitação do Semiárido**, Brasil, 2017. Link: <http://www.sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitacao-do-semiarido>. [Acessado: 01.10.2018]

STURION, J. A., TOMASELLI, I. Influência do tempo de estocagem de lenha de Bracatinga na produção de energia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 21, p. 37-47, 1990.

TELES, M. M., SANTOS, M. V. F. DOS, DUBEUX JUNIOR, J. B. et al. Effects of Nematicide and Fertilization on the Forage Cactus (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. "Gigante" Growth and Production. **Rev. Bras. Zootec.**, Jan./Feb., vol.31, no.1. 2002

TOLMASQUIM, M. T. Novo modelo do setor elétrico brasileiro. Rio de Janeiro: **Synergia**, 2011. 238 p.

TORRES NETO, A. B. **Estudo da pré-hidrólise ácida da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill)**. 2010. 47f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande-PB.

TORRES NETO, A. B. **Produção de bioetanol a partir da hidrólise ácida e enzimática da palma forrageira**. 2015. 67 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2015.

UN DESA - UN Department of Economic and Social Affairs. **Revision of world urbanization prospects**. United Nations, New York, 2018.

VASCONCELOS, A. G. V. de; LIRA, M. de A.; CAVALCANTI, V. L. B.; SANTOS, M. V. F. dos WILLADINO, L. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmin (*Dactylopius* sp) **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 5, p. 827-831, 2009. Disponível em: . Acesso em: 16 mar. 2019.

VOLPE, M.; GOLDFARB, J. L.; FIORI, L. Hydrothermal carbonization of *Opuntia ficus-indica* cladodes: Role of process parameters on hydrochar properties. **Bioresource Technology**, v. 247, p. 310-318, 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – Ecosystems and human well-being – **Summary for decision** –makers, 2006.

WYMAN, C. E.; DALE, B. E.; ELANDER, R. T.; HOLTZAPPLE, M.; LADISCH, M. R.; LEE, Y. Y.; *Bioresour. Technol.* 2005.

WYMAN, C.E. *Bioresour.* 2007.





---

**CRONOGRAMA DE ATIVIDADES FINAIS**