



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

IWELTON MADSON CELESTINO PEREIRA

POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE OLEAGINOSAS NO SEMIÁRIDO
PERNAMBUCANO, COM êNFASE AO DESENVOLVIMENTO DE *Syagrus coronata*
(LICURI) EM SOLOS DEGRADADOS

RECIFE

2018

IWELTON MADSON CELESTINO PEREIRA

**POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE OLEAGINOSAS NO SEMIÁRIDO
PERNAMBUCANO, COM ÊNFASE AO DESENVOLVIMENTO DE *Syagrus coronata*
(LICURI) EM SOLOS DEGRADADOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Linha de Pesquisa: Análise, conservação e monitoramento de ecossistemas

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira

RECIFE

2018

Catalogação na fonte
Bibliotecária: Maria Janeide Pereira da Silva, CRB4-1262

P436p Pereira, Iwelton Madson Celestino.
Potencial de produção de oleaginosas no Semiárido Pernambucano, com ênfase ao desenvolvimento de *Syagrus Coronata* (Licuri) em solos degradados / Iwelton Madson Celestino Pereira. – 2018.
148 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora : Profª. Drª. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH.
Programa de Pós-Graduação em Geografia, Recife, 2018.
Inclui Referências.

1. Geografia. 2. Plantas oleaginosas – Produção. 3. Solos – Salinidade.
4. Germinação. 5. Biodiesel. 6. Líquens. I. Pereira, Eugênia Cristina Gonçalves (Orientadora). II. Título.

IWELTON MADSON CELESTINO PEREIRA

**POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE OLEAGINOSAS NO SEMIÁRIDO
PERNAMBUCANO, COM ÉNFASE AO DESENVOLVIMENTO DE *Syagrus coronata*
(LICURI) EM SOLOS DEGRADADOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Geografia.

Aprovada em: 04/06/2018.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira (Orientadora – Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Fernando de Oliveira Mota Filho (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Danilo de Carvalho Leandro (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. James Correia de Melo (Examinador Externo)
Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste

Prof. Dr. Hernani Loebler Campos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

A produção de um trabalho de tese, por vezes, parece um exercício solitário. A escrita exaustiva e os períodos intermináveis de prática laboratorial corriqueiramente criam a ilusão de imersão num processo autônomo de construção de um trabalho autoral definidor da carreira acadêmica do sujeito, interrompido apenas pelas intervenções do orientador.

Ao iniciar o processo de desenvolvimento deste trabalho, por diversas vezes, me deparei com problemas que só poderiam ser resolvidos com a participação daqueles que, alheios a todas as obrigações que sustentavam a minha construção enquanto doutor, se dispuseram a gastar seu tempo para contribuir nesse constructo acadêmico que é uma tese. Dessas pequenas ajudas surgiram os caminhos que subsidiaram a construção deste texto.

Ao final desse processo parece claro que a construção de uma tese pode ser descrita de várias formas, exceto como um processo solitário. A tese é um produto sem coautoria, coproduzido por uma infinidade de mãos que conferem a apenas um o título almejado. Talvez o processo de finalização de uma tese seja o momento em que se perceba, olhando as experiências vividas (academicamente), que a experiência acadêmica para ser válida precisa ser experimentada em conjunto.

Dessa experiência de conjunto que hoje almeja me tornar doutor, emerge a necessidade de agradecer àqueles que coproduziram esse trabalho comigo, fomentando espaços de vivência fundamentais para minha produção enquanto profissional. Agradeço-os por terem se doado a mim e a minhas ideias e por terem, das mais diversas formas e níveis, acreditado nos meus “devaneios” profissionais.

Aos meus pais (Irene Pereira e Egildo Pereira) só posso agradecer por terem sido presentes para mim e se terem feito presentes em mim. Sua torcida incondicional por meu sucesso, encorajando meus sonhos independente das dificuldades que esses pudessem gerar é, sem sobra de dúvida, a maior prova de amor que se pode ofertar.

Ao meu esposo (Pedro Lira) agradeço pelo companheirismo, pela paciência, pelo cuidado e pela compreensão. Dos coprodutores desse trabalho é sem dúvida aquele que mais ativamente trabalhou desde a construção do projeto. Obrigado por querer estar ao meu lado.

Aos demais membros da minha família só posso agradecer pela torcida e preocupação em todas as fases da minha vida e pelo carinho com que têm observado e participado dessa fase tão conturbada. Ao meu irmão (Egildo Jr.) agradeço pelo companheirismo e por ter me dado mais uma razão para querer ser melhor: o amor intenso e puro de um sobrinho (Nicolas Eduardo). A minha irmã e mãe de coração (Fátima Santos e Marilene Talvanes) agradeço a

torcida tão intensa e verdadeira. Ao irmão, amigo e compadre (Welington Martinho) agradeço dentre tantas coisas por me trazer Davi que com um sorriso e uma voz rouca deixa a minha vida bem mais leve.

A aquela que demonstrou confiança nas minhas ideias e me conduziu a esse momento (Eugênia Pereira) só posso agradecer da forma mais sincera e intensa possível por ter partilhado comigo sua paixão pela academia e seu amor pela profissão docente.

Aos professores que se dispuseram a gastar seu tempo para contribuir com este trabalho (Danilo Carvalho, Fernando Mota, James Melo, Hernani Löebler, Talitha Vasconcelos e Maria Fernanda Torres) meu muito obrigado.

Aos companheiros de laboratório (Deyvson, Bruno, Juliane, Victor, Beatriz, Margarida), por terem estado presentes nas mais diversas fases da minha caminhada acadêmica, agradeço. Especialmente a Gustavo Alves, por ter se tornado um companheiro incansável de pesquisa, se doando intensamente a este projeto. Sem sua ajuda não seria possível estar aqui, obrigado.

Ao Laboratório de Pesquisas Aplicadas a Biofábrica (LAPAB) do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE) agradeço pela estrutura laboratorial e pela acolhida prestativa e afetuosa de seus técnicos, aqui representados por Robson e Paloma.

Aos amigos e amigas que fazem da minha vida mais leve agradeço por gostarem de mim apesar de mim. Obrigado Andrezza Karla, Maria Melo, Débora Meira, Danilo Lima, Igor Almeida, Juliana Lucena, Filipe Souza, Juliana Mazza, Joana Lira, Josy Constatino, Margarete Silva, Alice Barroca, Junior Rios e tantos outros que mesmo não nomeados se fazem presentes em meus pensamentos. Agradeço a todos que torceram e torcem pelo meu sucesso.

Concluo por fim, nesse momento, que sou o resultado do somatório dos esforços de inúmeras pessoas que acreditaram que um menino do interior de Pernambuco poderia virar doutor. Obrigado por acreditarem em mim.

RESUMO

O semiárido brasileiro conta com um número expressivo de espécies endêmicas e/ou adaptadas com potencial oleaginoso. O Estado de Pernambuco demanda estudos para compreender o estágio atual de produção de oleaginosas, associada a investigações dos ciclos de desenvolvimento de espécies nativas em ambientes degradados a fim de promover potenciais usos para a produção de biodiesel. Assim, neste trabalho, objetivou-se determinar o potencial do Estado de Pernambuco para a produção de oleaginosas no semiárido e a capacidade germinativa e de crescimento de espécies endêmicas em solos degradados. O presente estudo contou com uma pesquisa exploratória junto ao Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA); a Agencia Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis; e ao Ministério do Desenvolvimento Agrário. A produção agrícola do Estado nos últimos 18 anos foi caracterizada, utilizando o ano de 2016 como referência para a produção de mapas síntese, utilizando-se o programa ArcGis® versão 9.1, da atual distribuição da produção de oleaginosas. A capacidade germinativa da palmeira nativa da Caatinga *Syagrus coronata* - licuri, foi estudada em diferentes substratos e *in vitro* (na presença de substâncias líquenicas). Embriões de *S. coronata*, foram inoculados em meio de cultura Y3 adicionado de extrato etéreo de *Cladonia substellata*: para avaliar o desenvolvimento de *S. coronata* germinada *in vitro*, em Neossolos Flúvicos salinizados (11 cmolc/dm^3 de Na^+) ou não salinizados ($0,19 \text{ cmolc/dm}^3$ de Na^+) plântulas sobreviventes do processo de germinação *in vitro* foram transplantadas para sacos contendo solo (salinizado ou não salinizado) e armazenadas em estufa com condições de temperatura e irrigação controladas. Após o encerramento da fase de crescimento foram realizadas medições de comprimento de raiz e folha, contabilização das plantas vivas e mortas. Testes de germinação com *Lycopersicon esculentum* e *Lactuca sativa* *in vitro* e em Neossolo Flúvico salinizado ou não foram empreendidos com o objetivo de investigar o comportamento dessas espécies em solos degradados, nas mesmas condições nas quais o licuri foi submetido. Os resultados indicaram que Pernambuco apresenta uma produção desarticulada, territorialmente, vinculada ao atendimento de demandas locais. O uso das espécies oleaginosas endêmicas da região tem sido ignorado nos projetos de produção energética. Os ensaios de germinação *in vitro* indicaram não haver interferência dos ácidos líquenicos no desenvolvimento radicular e da parte aérea do licuri, indicando, contudo, ação inibidora de processos contaminantes. O desenvolvimento em solo gerou uma alta mortalidade no licuri, contudo, entre os indivíduos sobreviventes, não foi observada diferença morfológica. A germinação de tomate e alface apresentou diferenças nas taxas de germinação entre os tratamentos de solo, demonstrando diferença nos comprimento de raiz e número de

folhas. O teste germinativo *in vitro* do tomate e da alface indicou um retardo significativo na velocidade de germinação e no percentual germinativo diante das concentrações de Na⁺. Conclui-se, portanto, que as plântulas de licuri observadas não sofreram interferência morfológica dos níveis de sais estudados, ao passo que para o desenvolvimento do tomate e da alface as interferências foram mais marcantes, acarretando retardo no tempo de germinação, diminuição no comprimento da raiz e no número total de folhas desenvolvidas.

Palavras-chave: Germinação. Salinidade. Líquen. Biodiesel.

ABSTRACT

The Brazilian semi-arid region has an expressive number of endemic and/or adapted species with oleaginous potential. The State of Pernambuco demands studies to understand the current stage of oilseed production, associated with investigations of the development cycles of native species in degraded environments to promote potential uses for the production of biodiesel. Thus, in this work, the objective was to determine the potential of the State of Pernambuco for the production of oilseeds in the semiarid and the germination and growth capacity of endemic species in degraded soils. The present study had an exploratory research with the IBGE Automatic Recovery System (SIDRA); the National Agency for Petroleum, Natural Gas and Biofuels; and the Ministry of Agrarian Development. State agricultural production in the last 18 years was characterized, using the year 2016 as a reference for the production of synthesis maps, using the program ArcGis® version 9.1, of the current distribution of oilseed production. The germinative capacity of the native palm of the Caatinga *Syagrus coronata* - licuri, was studied in different substrates and in vitro (in the presence of lichen substances). *S. coronata* embryos were inoculated in culture medium Y3 added with ethereal extract of *Cladonia substellata*: to evaluate the development of *S. coronata* germinated in vitro, in saline-treated ($11 \text{ cmolc/dm}^3 \text{ Na}^+$) or non-saline ($0,19 \text{ cmolc/dm}^3 \text{ Na}^+$) surviving seedlings from the *in vitro* germination process were transplanted to soil-containing bags (salinized or non-salinized) and stored in an oven under controlled temperature and irrigation conditions. After the end of the growth phase, root and leaf length measurements were taken, accounting for live and dead plants. Germination tests with *Lycopersicon esculentum* and *Lactuca sativa* *in vitro* and in Saline Flavic Neosol were not undertaken with the objective of investigating the behavior of these species in degraded soils under the same conditions in which the licuri was submitted. The results indicated that Pernambuco presents a disjointed production, territorially, linked to the attendance of local demands. The use of the region's endemic oleaginous species has been ignored in energy production projects. In vitro germination assays indicated that there was no interference of lichen acids in the root and shoot development of the licuri, indicating, however, the inhibitory action of contaminating processes. Soil development generated a high mortality in the licuri, however, among the surviving individuals, no morphological difference was observed. The germination of tomato and lettuce showed differences in the germination rates among the soil treatments, showing differences in root length and number of leaves. The *in vitro* germination test of tomato and lettuce indicated a significant delay in germination rate and germination percentage in relation to Na^+ concentrations. It was concluded, therefore, that

the observed lyuri seedlings did not suffer morphological interference of the levels of salts studied, whereas for the development of tomato and lettuce the interferences were more marked, leading to delay in the germination time, decrease in the length of the root and total number of leaves developed.

Keywords: Germination. Salinity. Lichen. Biodiesel.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da distribuição espacial da produção da soja nos biomas brasileiros durante o ano de 2005.....	41
Figura 2 - Distribuição espacial das unidades produtoras (instaladas ou autorizadas) de biodiesel no Brasil segundo a Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis - ANP no ano de 2015.....	42
Figura 3 - Áreas degradadas e núcleos de desertificação do Nordeste brasileiro estabelecidos pela classificação do Instituto Nacional do Semiárido: INSA.....	49
Figura 4 - Indivíduo adulto de <i>Syagrus coronata</i> - licuri, e a cacho com frutos verdes.....	54
Figura 5 - Localização de Buique, Pernambuco (Brasil), município de coleta de sementes de licuri (<i>Syagrus coronata</i>).....	64
Figura 6 - Localização de Cabrobó, Pernambuco (Brasil), município de coleta do Neossolo Flúvico.....	65
Figura 7 - Localização do município de Mamanguape, Paraíba (Brasil), área de coleta do líquen <i>Cladonia substellata</i>	66
Figura 8 - Pirêniros escarificados de licuri (<i>Syagrus coronata</i>) depositados em cúpulas de plástico contendo solo salinizado adicionado de vermiculita para teste de germinação.....	68
Figura 9 - Processo de resgate e desinfestação de sementes de <i>Syagrus coronata</i> para obtenção de embrião e posterior inoculação em meio de cultura Y3.....	69
Figura 10 - Processo de desinfestação da semente e resgate do embrião de <i>Syagrus coronata</i> para inoculação em meio de cultura Y3.....	70
Figura 11 - Distribuição espacial dos municípios do Estado de Pernambuco onde a produção agrícola e/ou de extração vegetal ocupa uma das três maiores fontes de renda para a composição do Produto Interno Bruto (PIB) municipal	78
Figura 12 - Distribuição espacial dos municípios inseridos no semiárido do Estado de Pernambuco onde a produção agrícola e/ou de extração vegetal ocupa uma das três maiores fontes de renda para a composição do Produto Interno Bruto (PIB) municipal.....	80
Figura 13 - Localização dos municípios onde estão instaladas as unidades de produção de biodiesel do Estado de Pernambuco, capacidade produtiva (L/dia) e destinação do biodiesel gerado, das respectivas unidades.....	86

Figura 14 - Distribuição espacial dos municípios produtores de mamona (<i>Ricinus communis</i>) com produção registrada no ano de 2016 e das unidades produtoras de biodiesel instaladas no Estado de Pernambuco.....	88
Figura 15 - Representação gráfica da evolução anual da área plantada com algodão herbáceo (<i>Gossypium hirsutum</i>) no Brasil, no Nordeste e em Pernambuco entre os anos de 1988 e 2016.....	90
Figura 16 - Distribuição espacial dos municípios produtores de algodão herbáceo (<i>Gossypium hirsutum</i>) com produção registrada no ano de 2016, e das unidades produtoras de biodiesel instaladas no Estado de Pernambuco.....	91
Figura 17 - Distribuição espacial dos municípios produtores de coco-da-baía (<i>Cocos nucifera</i>) com produção registrada no ano de 2016, e das unidades produtoras de biodiesel instaladas no Estado de Pernambuco.....	94
Figura 18 - Distribuição espacial dos municípios produtores de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) com produção registrada no ano de 2016, e das unidades produtoras de biodiesel instaladas no Estado de Pernambuco.....	94
Figura 19 - Distribuição espacial dos municípios produtores de uva (<i>Vitis vinifera</i>) com produção registrada no ano de 2016, e das unidades produtoras de biodiesel instaladas no Estado de Pernambuco.....	96
Figura 20 - Localização dos municípios componentes dos Polos de Biodiesel no Estado de Pernambuco e das usinas de produção de biodiesel instaladas no estado.....	98
Figura 21 - Representação gráfica da produção de momona no Brasil, Nordeste, Pernambuco e nos Polos de Biodiesel do Estado de Pernambuco entre 1998 e 2016.....	100
Figura 22 - Sucesso germinativo dos pirêniós de <i>Syagrus coronata</i> (licuri) germinados em diferentes substratos.....	108
Figura 23 - Tamanho de folha e raiz de <i>Syagrus coronata</i> germinada <i>in vitro</i> , após 30 dias de adição de diversas concentrações do extrato de <i>Cladonia substellata</i> ..	115
Figura 24 - Tamanho de folha e raiz de <i>Syagrus coronata</i> germinada <i>in vitro</i> na presença de diversas concentrações do extrato de <i>Cladonia substellata</i>	116
Figura 25 - Tamanho de folha, raiz, talo e número de folhas de <i>Lycopersicon esculentum</i> germinado em amostras de Neossolo Flúvico com diferentes concentrações de sódio, após 25 dias de crescimento.....	120
Figura 26 - Tamanho de folha, raiz e número de folhas de <i>Lactuca sativa</i> germinada em	

amostras de Neossolo Flúvico com diferentes concentrações de sódio, após 25 dias de crescimento.....	122
Figura 27 - Dendograma dos parâmetros de analise (comprimento de folha e de raiz e Razão raiz/altura) aplicados a <i>Lycopersicon esculentum</i> , <i>Lactuca sativa</i> e <i>Syagrus coronata</i> após desenvolvimento em Neossolo Flúvico com diferentes níveis de salinidade.....	124

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Produto Interno Bruto – PIB (total e <i>per capita</i>), em ordem decrescente de valor, dos municípios do semiárido pernambucano que apresentam a atividade agrícola como uma das três atividades com maior participação no PIB municipal.....	81
Quadro 2 – Determinação de origem, teor de óleo e aptidão para produção de biodiesel para espécies oleaginosas exploradas economicamente no Brasil.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados de área plantada, área colhida, produção e rendimento da cana-de-açúcar no Brasil e nas macrorregiões brasileiras no ano de 2017.....	34
Tabela 2 - Quantidade produzida de oleaginosas cultivadas em lavouras (temporárias e permanentes) e oriundas de extração vegetal no Brasil, Nordeste e Pernambuco no ano de 2016.....	102
Tabela 3 - Análise química das amostras de Neossolo Flúvico coletadas na ilha da Assunção no município de Cabrobó-PE, adicionadas de vermiculita (na proporção solo/vermiculita de 10/1).....	105
Tabela 4 - Contaminação de plântulas de <i>Syagrus coronata</i> germinadas <i>in vitro</i> , após 30 dias de adição de diferentes concentrações de extrato de <i>Cladonia substellata</i>	112
Tabela 5 - Contaminação de plântulas de <i>Syagrus coronata</i> germinado <i>in vitro</i> , após 30 dias de crescimento na presença de diferentes concentrações de extrato de <i>Cladonia substellata</i>	113
Tabela 6 - Tamanho de folha e raiz de <i>Syagrus coronata</i> germinada <i>in vitro</i> após 120 dias de desenvolvimento em amostras de Neossolo Flúvico com diferentes concentrações de sódio.....	118
Tabela 7 - Percentual de Germinação e Índice de Velocidade de Germinação de <i>Lycopersicon esculentum</i> germinada <i>in vitro</i> com diferentes concentrações de sódio e potássio, após 7 dias de crescimento.....	126
Tabela 8 - Percentual de Germinação e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de <i>Lactuca sativa</i> germinada <i>in vitro</i> com diferentes concentrações de sódio e potássio, após 5 dias de crescimento.....	126

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
CCD	Cromatografia em Camada Delgada
CETENE	Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste
CLAE	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
CPRH	Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos
DMSO	Dimetilsulfóxido
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nation
GLASOD	Global Assessment of Soil Degradation
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
IPA	Instituto Agronômico de Pernambuco
LAGEAM	Laboratório de Geografia Ambiental
LAPAB	Laboratório de Pesquisas Aplicadas a Biofábrica
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NEMA	Núcleo de Estudos do Meio Ambiente.
ONU	Organização das Nações Unidas
PACD	Plano de Ação e Combate a Desertificação
PIB	Produto Interno Bruto
PNPB	Plano Nacional e Produção e Uso de Biodiesel
PPB	Projeto Polos de Biodiesel
PROÁLCOOL	Programa Nacional do Álcool
SCS	Selo Combustível Social
SIDRA	Sistema de Recuperação Automática do IBGE
SMO	Solo + Matéria Orgânica
SMOV	Solo + Matéria Orgânica + Vermiculita
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
SV	Solo + Vermiculita
UNCCD	Conferencia da Nações Unidas de Combate a Desertificação
V	Vermiculita

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	26
2.1	BIOGEOGRAFIA DA PRODUÇÃO E DO CONSUMO ENERGÉTICO NO ECOSSISTEMA.....	26
2.2	BIOCOMBUSTÍVEIS E O PAPEL DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL E NO ESTADO DE PERNAMBUCO.....	31
2.3	BIODIESEL E SUA MATRIZ ENERGÉTICA.....	34
2.4	MARCO LEGISLATIVO E ARRANJOS PRODUTIVOS DO BIODIESEL.....	38
2.5	SEMIÁRIDO: VULNERABILIDADE SOCIOECONÔMICA E PROCESSOS DE SALINIZAÇÃO.....	44
2.6	POTENCIAL OLEAGINOSO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	51
2.7	LICURI (<i>SYAGRUS CORONATA</i>): CARACTERÍSTICAS E POTENCIAL OLEAGINOSO.....	53
2.8	TESTES GERMINATIVOS.....	57
2.9	LÍQUEN.....	59
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	63
3.1	OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA.....	63
3.2	COLETA DE SEMENTES DE LICURI (<i>Syagrus coronata</i>).....	63
3.3	COLETA DO SOLO.....	64
3.4	COLETA E OBTENÇÃO DO EXTRATO LIQUÊNICO DE <i>Cladonia substellata</i> . 66	66
3.5	GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE LICURI (<i>Syagrus coronata</i>).....	67
3.6	GERMINAÇÃO <i>IN VITRO</i> DE SEMENTES DE LICURI (<i>Syagrus. coronata</i>).....	68
3.6.1	Obtenção dos embriões e tratamento pré-inoculação.....	68
3.6.2	Preparação do meio de cultura e inoculação.....	70
3.6.2.1	<i>Determinação dos grupos tratados com extrato líquênico.....</i>	<i>70</i>
3.7	CRESCIMENTO EM SOLO SALINIZADO DOS EXPLANTES GERMINADOS DE <i>Syagrus coronata</i>	71
3.7.1	Transplante e montagem do experimento.....	71
3.7.2	Análises de desenvolvimento dos indivíduos.....	71
3.8	GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE <i>Lycopersicon esculentum</i> E <i>Lactuca</i>	

<i>sativa</i>	72
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	76
4.1 POTENCIAL PRODUTOR DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO DE ESPÉCIES OLEAGINOSAS APTAS À PRODUÇÃO DE BIODIESEL.....	76
4.1.1 Produtividade agrícola e capacidade ociosa de oleaginosas no Estado de Pernambuco.....	78
4.1.2 Caracterização espacial da produção de oleaginosas e de produção de biodiesel no Estado de Pernambuco: potencialidades produtivas.....	83
4.1.2.1 Mamona (<i>Ricinus communis</i>).....	87
4.1.2.2 Algodão herbáceo (<i>Gossypium hirsutum</i>).....	89
4.1.2.3 Coco-da-baía (<i>Cocos nucifera</i>).....	92
4.1.2.4 Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) e uva (<i>Vitis vinifera</i>).....	94
4.1.3 Biodiesel, espacialização produtiva e produção de matéria prima: o caso dos polos de produção de biodiesel em Pernambuco.....	96
4.2 VIABILIDADE DO USO DE <i>Syagrus coronata</i> COMO PRODUTOR DE BIODIESEL EM ÁREAS DE SOLOS DEGRADADOS DO NORDESTE BRASILEIRO.....	104
4.2.1 Germinação de Sementes em substrato.....	105
4.2.2 Germinação de semente <i>in vitro</i>.....	110
4.2.2.1 Germinação de explantes: sem ácidos líquênicos X com ácidos líquênicos.....	111
4.2.2.2 Desenvolvimento de explantes, em meio de cultura, na presença dos ácidos líquênicos.....	114
4.2.3 Crescimento inicial de <i>Syagrus coronata</i> em solos salinizados.....	117
4.2.4 Desenvolvimento de sementes de <i>Lycopersicon esculentum</i> e de <i>Lactuca sativa</i> <i>in vitro</i> e em solos salinizados.....	118
4.2.4.1 Germinação em solos.....	119
4.2.4.2 Germinação <i>in vitro</i>.....	125
5 CONCLUSÕES.....	128
REFERÊNCIAS.....	131

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia, embora por vezes encarado como uma prática predominante da espécie humana, precisa ser concebido como uma característica inerente aos organismos, fundamental ao seu desenvolvimento. Desde as estruturas biológicas mais simples às mais complexas, a necessidade de consumir energia rege suas escolhas locacionais e suas características fenotípicas. Pode-se dizer, com isso, que o consumo de energia é uma necessidade básica de qualquer organismo.

Partindo de reflexões tão gerais é possível compreender que a nutrição humana é a forma mais elementar de consumo energético desenvolvido por nossa espécie, e é a partir dessa necessidade que a espécie evolui e desenvolve meio de apropriação do espaço. Desde a revolução agrícola, o *locus* de vivência torna-se o espaço de exploração dos recursos energéticos disponíveis para garantir a sobrevivência de agrupamentos humanos e toda sua estrutura.

Goldemberg e Lucon (2011) ao apresentarem a evolução do consumo de energia ao longo da história humana indicam um aumento considerável a cada nova fase técnica. Santos (2014), ao apresentar o que chama de sucessão dos meios técnicos, vai indicar que a evolução da técnica cria participação no processo de evolução da sociedade capazes de iniciar novos momentos na história humana. Esses novos momentos, por sua vez, são dotados de instrumentos que demandam um conjunto de insumos, que no bojo das discussões aqui apresentadas, podem ser considerados recursos energéticos.

Sendo o ser humano uma espécie heterótrofa, demanda consumo energético de outros organismos e, nesse sentido, quanto mais atividades consumidoras de energia desenvolver, maior será o volume energético consumido. Ricklefs (2010) indica que a cada nível trófico apenas 10% da energia absorvida consegue ser repassada ao nível imediatamente superior. Essa realidade deixa claro o real consumo de energia mobilizada para nutrir os organismos com posição mais elevada na cadeia alimentar. Adicionalmente a todas estas condições, o desenvolvimento de instrumentos técnicos amplificou as formas de consumir energia, extrapolando as vias biológicas.

A máquina a vapor e, posteriormente, os motores de combustão interna (de ciclo Otto e Diesel) permitiram que recursos de origem biológica (fossilizadas ou não) pudessem ser consumidas de forma indireta, amplificando e melhorado o consumo de outros bens. Esses avanços técnicos, sucedidos por tantos outros, aumentaram o consumo energético humano a um nível tão absurdo que Goldemberg e Lucon (2011) mencionam um aumento de consumo

da ordem de 1.000.000 de vezes, entre o homem primitivo (caçador e coletor) e o tecnológico (moderno).

O consumo energético, por sua vez, cria pressões sobre o *habitat*, uma vez que este tem que apresentar condições de reposição da disponibilidade energética para garantir a existência dos grupos consumidores. Cox e Moore (2009) e Recklefs (2010) ao observarem populações de carnívoros indicam que a população dos grupos observados são controladas pela disponibilidade de alimentos, ampliando-se e regredindo de acordo com a população da espécie predada. Nesse sentido seria natural acreditar que o consumo de materiais combustíveis com ciclos de reposição que extrapolam o tempo de vida humano podem levar a espécie a um inevitável colapso.

A preocupação com a capacidade do ambiente de garantir os meios para manutenção dos padrões de vida da espécie humana gerou um conjunto de discussões que propuseram caminhos alternativos para a produção e consumo de bens e serviços. Neste mesmo contexto, a vulnerabilidade produtiva de alguns países se tornou o centro de um amplo debate frente as crises do petróleo da década de 1970 (TÁVORA, 2011). Nesse contexto de inseguranças, países como o Brasil, que não dispunham de autonomia produtiva de combustíveis líquidos, empreenderam esforços científicos no sentido de desenvolver tecnologias que viabilizassem o uso de combustíveis oriundos de matrizes energéticas cultiváveis (RAMOS *et al.*, 2011).

Os combustíveis agrários (agrocombustíveis) e os biocombustíveis surgiram para atender a duas demandas que se tornavam emergentes: a renovabilidade dos combustíveis (frente aos combustíveis fósseis - não renováveis) e a garantia da autonomia energética para a frota veicular nacional (frente a dependência de combustíveis líquidos beneficiados no exterior). Dois programas se destacam: o Proóleo e o Proálcool, ambos gestados no seio da estrutura governamental centralizadora do Regime Militar (1964-1984), na década de 1970 (RAMOS *et al.*, 2011; TÁVORA, 2011).

Embora o Proóleo não tenha logrado êxito no momento de sua implantação o proálcool se tornou, nas décadas seguintes, a maior aposta do governo (TÁVORA, 2011). A progressiva diminuição do preço do petróleo, em meados da década de 1980, acabou por gerar uma grave crise no setor, deixando claro que o apelo produtivo estava vinculado às questões econômicas, em detrimento das ambientais.

Pernambuco, nesse contexto, sofre todos os impactos das oscilações nacionais da produção sucroalcooleira, uma vez que sua base produtiva sempre esteve amparada nesta *commodity*. Ao longo do tempo a produção de álcool e açúcar pernambucana caducou tecnologicamente, em detrimento da evolução observada em outros espaços do território

nacional, deixando-se superar produtivamente por outros estados e outras regiões. O Nordeste que sempre apresentou uma vulnerabilidade socioeconômica marcante tem, nesses contextos produtivos, o agravamento dessas condições.

O início do século XXI trás à tona a discussão ambiental com maior ímpeto, e novas propostas de combustíveis renováveis são apresentadas como garantias. No Brasil, a criação dos veículos *Flex fuel* (movidos a álcool e gasolina) traz o etanol de volta ao centro da produção agroenergética nacional (TÁVORA, 2011), e o desenvolvimento do Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), propõe a inserção deste combustível na matriz energética nacional de forma compulsória, tal qual aconteceu com o álcool na década de 1970. Esses dois contextos recolocam o Brasil na dianteira da produção agroenergética mundial.

Pensando o contexto brasileiro, embora a forma de inserção do biodiesel em muito se assemelhe àquela vivida no século passado (com a inserção do álcool na matriz energética por meio de um programa nacional de substituição dos combustíveis líquidos), duas perspectivas, distintas da primeira proposição, parecem extremamente centrais no modelo proposto atualmente: a diversificação das espécies produtoras de matéria prima e, a inserção da agricultura familiar na produção. Dessa forma, fazendo o plano caminhar no sentido de desvincular a produção bioenergética do modelo tradicional, baseado no latifúndio e no *plantation*.

Outra indicação do PNPB, vinculada às duas anteriormente citadas, é o desenvolvimento de áreas de vulnerabilidade econômica e de baixo domínio tecnológico, tornando a produção energética um redutor de desigualdades sociais. O semiárido brasileiro é visto, neste contexto, como uma região estratégica de desenvolvimento do biodiesel.

O biodiesel (ésteres alquílicos de ácidos graxos) pode ser produzido a partir do processo de transesterificação de qualquer óleo ou gordura vegetal ou animal (KNOTH *et al.*, 2006), o que amplifica de forma considerável sua matriz produtiva. O domínio de técnicas para garantir a estabilidade da produção, contudo, gera direcionamentos para espécie com ciclos conhecidos, a exemplo da soja e do algodão. Esta realidade, por sua vez, tem colocado em risco toda a proposta de desenvolvimento social do PNPB.

O semiárido brasileiro embora apresente condições edafoclimáticas severas, conta com um número expressivo de espécies endêmicas com potencial oleaginoso, o que poderá subsidiar a emergência dessa região como polo de desenvolvimento desse biocombustível. É necessário, contudo, que o desenvolvimento de estudos que busquem entender os ciclos germinativos e desenvolvimento dessas espécies sejam alvo de inúmeras perquisições.

As palmeiras, nesse contexto, apresentam-se como potenciais matérias primas, dada sua alta resistência às condições semiáridas (PIVETTA *et al.*, 2005) e seu alto potencial oleaginoso (acima de 40%). Apresentam como fator impeditivo, para seu cultivo em larga escala, uma alta irregularidade germinativa, oriunda de seus processos adaptativos que permitem dormências longas, para suportar o déficit hídrico comum na região.

O licuri (*Syagrus coronata*) é uma palmeira endêmica do Nordeste brasileiro e tem chamado atenção por seu teor de óleo se aproximar dos 50% (IHA *et al.*, 2014) e pela qualidade do biodiesel resultante de sua transesterificação. Extremamente adaptada ao regime climático do semiárido, já demonstrou ser capaz de tolerar períodos longos de estresse hídrico (MEDEIROS *et al.*, 2015a; 2015b). Essa espécie se desenvolve em solos bem drenados independente da profundidade (DRUMOND, 2007), ocorrendo até em substratos pedregosos. A capacidade de desenvolvimento em solos salinizados, no entanto, ainda é desconhecida, carecendo de estudos que busquem identificar o comportamento germinativo dessa espécie em condições tão adversas. A definição dos níveis de salinidade suportados por essa espécie pode subsidiar direcionamentos produtivos, a fim de evitar o uso de recursos para cultivos inviáveis e/ou inadequados.

O uso do licuri como um vetor de desenvolvimento econômico, além de garantir preservação de uma espécie ecologicamente importante (CASTRO; FABRICANTE; SIQUEIRA FILHO, 2016) não coloca em risco as condições naturais do bioma Caatinga, por não estimular a inserção de espécies exóticas.

Adicionalmente, condições de degradação do solo em ambientes semiáridos têm preocupado pesquisadores no mundo todo (AMEZKETA, 2006; GLANZT; ORLOVSKY, 1983; SOARES *et al.*, 2016). Processos de salinização, por exemplo, têm gerado perdas econômicas da ordem de 12 bilhões de dólares (AL-KHARUSI *et al.*, 2017), atingido cerca de 20% das áreas agricultáveis do planeta (PANELLA *et al.*, 2016). No Nordeste brasileiro esses processos são resultantes de um conjunto de fatores que somam processos naturais (altas evapotranspiração e disponibilidade de sais no ambiente, além de escassez hídrica) e antrópicos decorrentes das atividades produtivas e econômicas (irrigação inadequada, adição de defensivos agrícolas e cultivo de gêneros inapropriados para os contextos climáticos).

É nesse sentido que o entendimento dos ciclos de desenvolvimento de espécies nativas em ambiente degradados permite propostas que promovam o avanço econômico da região, sem gerar pressões adicionais em um bioma com características isostáticas tão sensíveis.

É nesse contexto que a presente tese baseia-se na hipótese de que é possível o desenvolvimento de espécies endêmicas do semiárido, a exemplo do licuri, em solos

degradados objetivando a recuperação da flora da caatinga e a produção de biodiesel, sob a lógica do manejo sustentável, baseado em processos de recuperação integrada dos ambientes de ocorrência da espécies, uma vez que a mesma não se desenvolve em regime de monocultura. Promovendo o desenvolvimento econômico, sem gerar pressões adicionais a ambientes vulneráveis.

Assim, neste estudo procurou-se determinar o potencial do Estado de Pernambuco para a produção de oleaginosas aptas ao cultivo no semiárido e, a capacidade germinativa e de crescimento de espécies endêmicas em solos degradados da região. Buscou-se, especificamente, realizar um estudo bibliográfico com foco no número de espécies vegetais oleaginosas que são endêmicas e/ou que foram introduzidas, com êxito, no Estado de Pernambuco; localizar geograficamente essas espécies de acordo com a mesorregião onde se encontram e determinar a procedência (se exóticas); determinar qual a região, no semiárido pernambucano, com maior potencial de produção de espécies oleaginosas; eleger qual(is) a(as) espécie(s) mais indicada(s), de acordo com a bibliografia, para uso na produção do biodiesel; eleger uma espécie endêmica com características morfológicas e de produção oleífera conhecida para testes de desenvolvimento em solos degradados; determinar, por meio de cultivo controlado, a capacidade de germinação e potencial de crescimento da espécie eleita; determinar as condições morfológicas resultantes do estresse sofrido, validando os dados com espécies padrão para germinação e crescimento.

Para apresentar os resultados e reflexões resultantes do conteúdo, o presente trabalho de tese está estruturado em três macrotópicos e suas subdivisões. Primeiramente será apresentada uma fundamentação teórica que sustenta as reflexões sobre os resultados obtidos, buscando situar os leitores no tema proposto e nas complexas nuances que permeiam a realidade apresentada. Em seguida, buscar-se-á apresentar os materiais e o métodos utilizados durante o estudo. Por fim, apresentam-se, de forma integrada, os resultados e a discussão, divididos em duas etapas: apresentação da análise espacial de produção e do potencial produtivo de espécies oleaginosas no Estado de Pernambuco e os testes germinativos desenvolvidos em laboratório com sementes da oleaginosa de licuri (*Syagrus coronata*) e de espécies padrão (*Lactuca sativa* e *Lycopersicon esculentum*). A apresentação dos resultados em diferentes sessões foi feita por entender que, para atingir o objetivo geral proposto, foi fundamental inicialmente espacializar os processos produtivos que justificam a demanda apresentada e, posteriormente, refletir como as características de degradação observadas em alguns sítios da região estudada pode interferir no desenvolvimento da proposta aventada na hipótese.

Portanto, o trabalho se justifica na necessidade de expansão da base produtiva do Estado de Pernambuco, no atendimento da proposta do PNPB acerca da diversificação das espécies utilizadas como matéria prima para produção do biodiesel, e na recuperação da flora nativa do bioma Caatinga, minimizando os conflitos entre os interesses produtivos e econômicos e a manutenção dos biomas terrestres.

REFERENCIAL TEÓRICO

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BIOGEOGRAFIA DA PRODUÇÃO E DO CONSUMO ENERGÉTICO NO ECOSISTEMA

A produção e o consumo de energia no ambiente são fundamentais para a manutenção do ecossistema, enquanto estrutura mantenedora dos processos biológicos. A interdependência entre os organismos garante os meios pelos quais a energia cicla entre os distintos sistemas. A produção primária é, por este motivo, a forma básica de entrada da energia na cadeia alimentar, servindo de base para a estruturação dos diversos níveis tróficos do ecossistema.

A energia disponibilizada pelos produtores primários, para os níveis seguintes da cadeia, é constituída de um percentual ínfimo da energia absorvida. Na fotossíntese, por exemplo, grande parte da energia recebida, na forma de luz, é perdida na forma de calor, ou utilizada na produção dos tecidos dos vegetais. Este processo de absorção e perda de energia se repete em cada um dos níveis tróficos da cadeia alimentar (RICKLEFS, 2010). O consumo de energia, no entanto, é fundamental para a manutenção das estruturas vitais dos organismos e, portanto, condição fundamental para sua existência no ecossistema.

Pauly e Christensen (1995), estudando os ambientes aquáticos, indicam ser da ordem de 10% o percentual de energia fornecido por um produtor primário para o seu consumidor. Os autores ainda indicam ser, essa taxa, constante entre os demais níveis tróficos da cadeia alimentar. Nesse contexto, conseguem calcular a produção média primária necessária para sustentar o consumo atual de pescados pelas populações humanas. Este estudo destaca-se por indicar que o consumo de energia não pode estar limitado à relação consumidor/produtor, devendo considerar que a cadeia alimentar demanda trocas constantes de energia, podendo se tornar insustentável dentro de uma lógica de consumo direcionada.

Cada grupo de organismo apresenta demandas nutricionais distintas, focadas no conjunto de estruturas fundamentais à manutenção da espécie, demandando do ambiente os recursos necessários a sua subsistência. A própria oferta de recurso tende a regular, de forma direta, a capacidade de desenvolvimento dos grupos populacionais, determinando o tamanho da população (RICKLEFS, 2010). Darwin (2014), em seu clássico livro "A origem das espécies", apresenta, inclusive, a disponibilidade de recurso como um indutor de modificações morfológicas das espécies, para além dos quantitativos populacionais. Smith (1987) ao estudar tentilhões-africanos (*Pyrenestes ostrinus*) em Camarões observou uma tendência de expansão e retração do tamanho dos bicos em detrimento da oferta de alimentos.

Considerando a dinâmica natural de consumo de energia, qualquer esforço de compreensão do panorama energético atual precisa partir do entendimento de que o consumo surge de necessidades orgânicas, e maximiza-se dentro de um contexto específico que atende a uma dinâmica própria, que demanda um entendimento qualificado sobre a produção do espaço.

Assim, pela observação da evolução do *Homo sapiens sapiens* é possível entender que o processo gerador das condições hodiernas de exaustão dos recursos naturais origina-se numa complexa elevação no uso energético pela espécie, pautada na diversificação das formas de consumo. Para compreender tal afirmativa, é fundamental o entendimento de que a maneira mais elementar de consumo energético, no ambiente, é no desenvolvimento das atividades metabólicas, fundamentais para a manutenção do organismo. Tal energia, salvo raras exceções, pode ser obtida pela luz do Sol (para a maioria dos autótrofos), ou pelo consumo de outros organismos (pelos heterótrofos). Sempre que um organismo empreende uma atividade extra, qual seja a caça, o acasalamento, ou a defesa do território, recrutará, inevitavelmente, um número adicional de energia.

O surgimento do *Homo habilis*, há cerca de 2 milhões de anos, permitiu aos hominídeos usar ferramentas para melhorar suas condições de existência. Tal habilidade não é exclusiva da espécie humana, sendo compartilhada com castores, cupins, algumas aves etc. (RIBEIRO, 2013). Ao demandar aparatos técnicos, embora rudimentares, os organismos demandam a energia produzida por estas estruturas, maximizando indiretamente o seu consumo calórico. O uso pelos castores de madeira para o represamento de corpos de águas, por exemplo, adiciona, ao seu consumo natural de energia, a massa biológica armazenada no tecido da planta, fazendo com que a energia consumida exceda aquela ingerida. O ser humano, nesse sentido, ao dominar o fogo, para aquecimento e proteção, amplifica seu consumo calórico de maneira considerável.

Goldemberg e Lucon (2011) consideram que a energia mínima consumida por um ser humano adulto é da ordem de 1000 kcal/dia, o que faz com que esses autores considerem que um indivíduo que se alimente com esse quantitativo calórico perca peso de forma progressiva e chegue inevitavelmente ao óbito. A quantidade mínima de energia que deve ser consumida vai variar entre os indivíduos, considerando suas atividades típicas, numa média de 2000 kcal/dia. O ser humano primitivo consumia apenas as calorias disponíveis nos alimentos. Essas calorias subsidiavam o uso da energia por meio da força endossomática, oriunda do próprio corpo do indivíduo (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2012). Com o advento do domínio do fogo e, posteriormente da domesticação dos animais e das plantas, esse consumo

começa a aumentar exponencialmente, agregando novos valores a cada nova fase de evolução da técnica. Essa tendência progressiva atinge seu auge na contemporaneidade diante da diversidade de instrumentos técnicos que demandam as mais variadas formas de energia.

A própria diversificação alimentar humana, por si só, é capaz de aumentar o consumo energético de forma considerável. Ribeiro (2013) indica ser da casa de 50 bilhões o número de animais utilizados na alimentação humana no ano de 2003, todos consumidores primários. Considerando as taxas apresentadas por Pauly e Christensen (1995), discutidas anteriormente, e transpondo-as para os ambientes terrestres, será possível concluir que apenas 10% da energia absorvida do ambiente, apresenta-se disponível para consumo. Assim apenas 10% dos recursos alimentícios necessários para a produção animal são verdadeiramente absorvidos pelos grupos humanos, tornando quase inestimável o volume total de energia consumida por nossa espécie.

Cox e Moore (2009) defendem a ideia de que a espécie humana, desde sua origem, tem causado forte impacto sobre os ambientes terrestres, sendo inclusive responsável pela extinção de espécies da megafauna terrestre, no final da última glaciação. Há que se ter, aqui, um tanto de cuidado. Embora os autores sejam bastante coerentes em sua estrutura argumentativa, deixam transparecer uma reflexão bastante polarizada, estruturada na clássica perspectiva dicotômica que coloca em polos opostos os humanos e os outros elementos da natureza.

Ao considerarmos verdadeira a ideia anteriormente citada, de que a discussão de energia demanda uma interpretação biológica, a postura humana no ambiente deve, por consequência, ser interpretada sob o mesmo caminho, indicando uma posição ecológica da espécie humana. Não se pode, sob risco de discussão superficial, desconsiderar o alto poder modificador do espaço que tem a nossa espécie. Deve-se, no entanto, considerar que seus impulsos biológicos criam as condições sob as quais a cultura se consolida, gerando, por vezes, pressões ecológicas que podem comprometer a capacidade humana de sobrevivência.

Os aparatos técnicos criados pela humanidade demandam recursos e energia para seu uso e fabricação. A produção dos bens de consumo e de capital sempre esteve limitada às capacidades de oferta de matéria prima pelo ambiente. A revolução industrial transfere, parcialmente, para os aparatos técnicos os gastos energéticos, até então, quase que exclusivos dos organismos biológicos. As manufaturas exigiam esforço físico (humano ou animal) para a produção, ao passo que a máquina a vapor permitia a utilização de pouca mão de obra e alta carga energética de fontes combustíveis, primeiramente a madeira, seguida pelo carvão

mineral e posteriormente pelo petróleo. É nesse contexto que as fontes energéticas se maximizam, abrangendo o grupo dos recursos com potencial combustível.

Embora eficaz, a máquina a vapor ainda apresentava baixa eficiência, diante de uma perda energética da ordem de 90%, convertendo em trabalho entre 6-10% da energia do combustível (KNOTHE *et al.*, 2006). Tentando resolver esse problema, resultante das limitações técnicas, Rudolf Diesel propôs desenvolver um motor de combustão interna que conseguisse converter toda energia do combustível em trabalho.

O combustível utilizado dentro dos motores de combustão interna tornou-se, então, o primeiro obstáculo a ser rompido para a efetivação da modificação estratégica da geração de energia. O próprio Rudolf Diesel sugeriu o uso de óleos vegetais como fonte de geração de energia nos motores (KNOTHE *et al.*, 2006), contudo o baixo custo do petróleo e sua possibilidade de uso, atrelada a uma alta disponibilidade, tornaram-se fatores preponderantes para sua adoção como principal combustível das atividades produtivas humanas.

No bojo das estratégias de sobrevivência é comum que os organismos busquem as formas mais práticas de obtenção de energia, em detrimento do contexto onde se inserem. É nesse sentido que é possível compreender que o direcionamento produtivo observado no século XX, obedece a uma lógica biológica implícita. Sobre essa afirmação é fundamental distinguir dois momentos na história da humanidade: 1) a troca da madeira para o carvão mineral, como fonte de calor para a indústria, ocorreu diante de um contexto de escassez de matéria prima, subsidiada pela exaustão dos recursos naturais dessa ordem, principalmente na Europa; 2) a troca do carvão mineral pelo petróleo, não ocorreu num contexto de escassez, mas num contexto de atendimento de outra demanda típica da espécie humana: a dificuldade de locomoção a longa distância. Logo, é a indústria automobilística que alavanca o uso dos derivados de petróleo (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2012).

É fundamental destacar que os processos sucessórios anteriormente descritos não são autoexcludentes, uma vez que até a atualidade é possível encontrar grupos humanos que fazem uso de uma ampla diversidade de energia. Contudo, percebe-se que a disponibilidade dos recursos é um fator preponderante para a adoção de determinado modelo produtivo. Observando-se o contexto de geração de energia elétrica no Brasil, pode-se perceber que o uso das hidroelétricas foi subsidiado por uma realidade de ampla disponibilidade, em detrimento de qualquer discussão de renovabilidade, cara ao discurso contemporâneo.

Embora, na natureza, a produção primária seja a fonte geradora dos processos energéticos biológicos, a extração de energia das mais variadas fontes ampliou as atividades humanas de forma considerável. Deve-se dizer, contudo, que, embora os combustíveis fósseis

não se enquadrem na presente discussão, como fontes energéticas oriundas de atividades metabólicas diretas, é a produção primária (pretérita) sua fonte geradora.

Embora a discussão energética mundial tenha caminhado de forma intensa para a diversificação das fontes, em 2004 o consumo de combustíveis fosseis ainda respondia por mais de 85% da produção mundial (GOLDEMBERG; LUCON, 2011; GOLDEMBERG; LUCON, 2007). No ano de 2010 esses valores estavam próximos a 81%, com projeção de 75% em 2035 (ANP, 2013). Pode-se dizer, diante desses dados, que, embora sensível, há uma tendência de substituição dos combustíveis por estruturas mais renováveis. O tempo de substituição é que demonstra ser aquém, diante do incremento do consumo de energia pela humanidade.

O ser humano primitivo consumia cerca de 2.000 kcal/dia. No século XVIII esse consumo já havia alcançado o patamar das 40.000 kcal/dia, em detrimento do uso de força animal e humana (escrava). Já no século seguinte (XIX) o consumo havia dobrado, atingindo a casa das 80.000 kcal/dia. É a partir do século XX que a humanidade experimenta um incremento nunca visto no consumo de energético, atingindo, no início do século XXI, a quantia de 240.000 kcal/dia (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2012; GOLDEMBERG; LUCON, 2011). A esse respeito deve-se destacar que tal consumo não é homogêneo no espaço, e as disparidades são bastante acentuadas.

É nesse contexto de maximização do consumo energético mundial, em detrimento de uma base produtiva predominantemente não renovável, que os estudos multiplicadores de fontes alternativas e renováveis para produção energética mundial ganha destaque. A década de 1980 presencia um conjunto de iniciativas para superar a dependência econômica do petróleo. Knothe *et al.* (2006) advertem para o fato de que, em sua gênese, tais iniciativas se preocupam bastante com a oscilações financeiras do produto. Contudo, como o mundo experimentava uma eclosão das demandas ambientais, os discursos acabam convergindo e a academia começa a cooperar na busca matrizes energéticas produtivas renováveis, tanto para a indústria como para o setor de transportes.

Considerando-se que o fator econômico tenha sido o gerador da discussão dos combustíveis alternativos, o preço da produção desses novos combustíveis ocupou espaço central nas propostas apresentadas, o que tornou extremamente inviável algumas iniciativas interessantes. A oscilação do preço do petróleo tendia a influenciar o investimento em energias alternativas, gerando grande instabilidade no percurso intelectual, fundamental para o desenvolvimento da técnica.

2.2 BIOCOMBUSTÍVEIS E O PAPEL DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL E NO ESTADO DE PERNAMBUCO

Num contexto de instabilidade econômica na oferta do petróleo, o mundo se lança na produção de energia a partir de fontes alternativas aos combustíveis fosseis. A energia nuclear, amplamente estudada durante a segunda guerra mundial e com ampla difusão nos países desenvolvidos, começa a dar sinais de risco, dada sua instabilidade e seus riscos de acidentes de grande magnitude. As crises do petróleo, ocorridas nas décadas de 1970 e 1980, criaram uma sensação de instabilidade na oferta do produto para países importadores. O preço do barril de petróleo, em 11 anos (1973-1984), saiu de US\$ 3,88 para US\$ 30,50 (TÁVORA, 2011). É nesse contexto que a busca por combustíveis de origem biológica, começa a ganhar espaço nas discussões institucionais.

O uso de combustíveis de origem vegetal, para motores de combustão interna, já era encarado pela França, no início do século XX, como estratégica para garantir a autonomia das colônias (KNOTHE *et al.*, 2006). A pedido do governo francês a empresa Otto desenvolveu um motor de ciclo diesel movido a óleo de amendoim, apresentado durante a exposição de Paris (em 1900). Com a garantia da autonomia das colônias pelo uso de óleos vegetais, por eles produzidos, a importação de insumos energéticos estaria reduzida e, com ela, os custos de produção. No início do século XX, cerca de 5% da oferta de combustíveis líquidos da Europa era de biocombustíveis (WORLDWATC INSTITUTE, 2007).

Nesse sentido é possível observar que o alto poder produtivo de cultivações nos países tropicais, diante de uma baixa oferta de jazidas de petróleo (conhecidas até então) despertou interesses estatais.

A oferta de biomassa era uma característica comum entre os territórios do novo mundo. Grupos populacionais residentes nesses espaços tendiam a traçar relações predatórias menos intensas que os europeus, garantindo uma oferta maior de recursos naturais. O conjunto desses recursos criava uma oferta de biomassa muito diversa, onde a lenha era o produto mais utilizado, tanto para o aquecimento como para o cozimento dos alimentos. A possibilidade de cultivo de gêneros conhecidos pelos europeus amplifica essa oferta consideravelmente. É assim que a geração de energia para a produção ganha uma diversidade distinta daquela encontrada nas grandes metrópoles europeias.

Assim como o carvão mineral e o petróleo, que já eram conhecidos muito antes de sua implementação como matriz energética de grande porte, os chamados biocombustíveis já eram bastante conhecidos academicamente. Ademais dos usos já citados dos óleos vegetais,

no início do século XX, Nikolas Otto desenvolveu um motor de ciclo Otto movido exclusivamente a etanol, no ano de 1860 (TÁVORA, 2011).

Os biocombustíveis, nesse sentido, podem ser descritos como todos os combustíveis oriundos de material biológico, de origem animal ou vegetal (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2012).

Na década de 70 do século XX, o Brasil, que já havia experimentado o desabastecimento da frota veicular, durante a segunda guerra mundial (diante do direcionamento dos metais para instrumentos bélicos). Em continuação, encontra-se em risco de novo desabastecimento, agora de combustível, diante da elevação dos preços do petróleo e seus derivados (criando uma instabilidade na balança comercial). O governo brasileiro para minimizar esse problema começa a estimular a produção de biocombustíveis, como forma de garantir a autonomia nacional de combustíveis líquidos. Na década de 1970 a criação do que posteriormente viria a se tornar o Programa de Óleos Vegetais, também conhecido como proóleo, buscou estimular o uso de óleos vegetais como substitutivo do diesel (RAMOS *et al.*, 2011; TÁVORA, 2011). Tais estudos já haviam sido empreendidos em outros países, a exemplo da China (CANG; WAN, 1947). Sobre o caso chinês, Knoth (2006) aponta relatos de uso de óleo de soja refinado para abastecimento de um navio de guerra, durante a segunda guerra mundial.

No caso brasileiro, dificuldades de funcionamento nos motores, dada a alta viscosidade do material, a baixa no preço do petróleo, e a ascensão do Proálcool, fizeram com que o programa fosse abandonado ainda na década de 1980, sendo retomado apenas no século seguinte. Outro biocombustível que foi bastante utilizado como alternativa para a autonomia energética brasileira foi o etanol, de cana-de-açúcar.

A história brasileira com a cana-de-açúcar é bastante antiga, e vincula-se ao processo de ocupação do território nacional. Ao longo de seus quase 500 anos de exploração, a cana, a despeito de diversas oscilações no preço e na demanda, conseguiu se manter como produto, no Nordeste brasileiro, sob uma mesma lógica produtiva (TÁVORA, 2011). A exploração canavieira no Nordeste do Brasil se desenvolveu sob uma estrutura concentradora de renda, baseada no latifúndio e na alta concentração de terras (CORDEIRO, 2008). Essa lógica produtiva conflita diretamente com os processos maximizadores da economia, evitando a circulação financeira e agravando as desigualdades sociais.

Mesmo diante de um vasto acervo de críticas ao processo produtivo que envolve a cana-de-açúcar, o governo brasileiro, desde a década de 1970 tem empreendido esforços para desenvolver a produção de cana no país, logrando êxito em alguns momentos. O Brasil é até

hoje o maior produtor de açúcar no mundo e o segundo maior produtor de etanol (KOHLHEPP, 2010).

O Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL), que buscava como principal ambição substituir os veículos movidos a gasolina por outros movidos a álcool, foi instituído no ano de 1975. O programa criava além de incentivos à produção de álcool, oriundo da cana-de-açúcar, condições de mercado para garantir o consumo desse produto (TÁVORA, 2011). A adição obrigatória do álcool a gasolina foi a primeira. Deve-se destacar que tal iniciativa foi deveras benéfica para a manutenção da salubridade ambiental. Antes do álcool o chumbo era utilizado para aumentar a octanagem da gasolina e, sua combustão gerava partículas desse elemento suspensas no ar. Tais partículas causam efeitos nocivos a saúde humana podendo afetar todos os órgãos (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

O primeiro carro movido a álcool lançado no mercado nacional foi o modelo Fiat 147, no ano de 1979. Posteriormente ao lançamento, outras montadoras apresentaram seus modelos, gerando uma oferta progressiva no mercado. Isto possibilitou, já em 1985, que um percentual 92% dos carros vendidos no país rodassem utilizando o álcool hidratado como combustível. Adicionalmente, a adição desse combustível na gasolina aumenta para 15% chegando mais tarde a 22% (TÁVORA, 2011).

Com o advento da redução progressiva do preço do petróleo no final dos anos 1980, a cana-de-açúcar que gerou todo o movimento produtivo no século XVI, e que fomentou o desenvolvimento de uma cadeia produtiva de agrocombustíveis no Brasil perde espaço no cenário econômico nacional.

No início do século XXI o mercado automobilístico brasileiro presencia o desenvolvimento dos chamados carros *Flex fuel*, dotados de motores de combustão interna de ciclo Otto, capazes de operar com qualquer proporção da mistura álcool-gasolina (TÁVORA, 2011). A produção de álcool, nesse sentido, condicionou uma nova expansão das áreas de cultivo da cana-de-açúcar e um novo ciclo de desenvolvimento econômico para o setor sucroalcooleiro.

As áreas de colheita de cana-de-açúcar no Brasil, no ano de 2016, foi de 10.226.205 hectares (IBGE, 2016), perdendo apenas para a soja e para o milho, ocupando o segundo lugar na participação total no valor da produção, com 16,3% do total nacional. O Nordeste que já ocupou o lugar de região de maior produção desta *commodity* hoje ocupa o terceiro lugar nacional (tabela 1). Pernambuco, contudo, ainda apresenta a maior percentagem de suas áreas com lavouras destinadas a esse cultivo, contando, em 2015, com uma área cultivada de

309.487 hectares, enquanto que o segundo colocado, em área colhida foi o milho com apenas 77.250 hectares.

Tabela 1 - Dados de área plantada, área colhida, produção e rendimento da cana-de-açúcar no Brasil e nas macrorregiões brasileiras no ano de 2017.

	Brasil	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Área plantada (Hectares)	10.245.102	63.259	999.144	6.630.703	618.885	1.870.111
Área colhida (Hectare)	10.226.205	63.157	995.105	6.626.119	675.601	1.866.226
Produção (1.000 R\$)	51.600.903	379.217	4.656.463	32.615.642	3.049.697	10.899.828
Rendimento médio (kg/h)	75.168	72.542	55.973	78.112	71.938	76.207

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal 2017. Autor: Iwelton Pereira, 2018.

A observação dos dados apresentados na tabela 1 permite a percepção do baixo rendimento agrícola observado na produção nordestina, fato fortemente subsidiado pela ausência de evolução técnica da produção. Nesse sentido, uma diversificação produtiva da região busca fornecer elementos de superação das condições de subdesenvolvimento vigentes.

2.3 BIODIESEL E SUA MATRIZ ENERGÉTICA

O biodiesel é um composto de ésteres alquílicos de ácidos graxos, formado a partir do processo de transesterificação de óleos vegetais ou gorduras animais na presença de um álcool e de um catalisador. A designação biodiesel demanda um conjunto de parâmetros referentes a viscosidade, corrosão, sedimentação, ponto de fulgor, emissão etc., definidos por um conjunto de normas internacionais e, regulados nacionalmente pela Agencia Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis - ANP (DABDOUBE; BRAZEL; RAMPIN, 2009; KNOTH *et al.*, 2006). Com origem biológica (vegetal ou animal), o biodiesel pode ser usado como substituto do diesel de petróleo (petrodiesel), em motores de combustão interna de ciclo Diesel.

Embora tenha entrado recentemente no centro da discussão energética, o biodiesel já era relatado há bastante tempo como combustível. Experiências bem sucedidas como o uso, em 1938, em uma linha comercial de passageiros que ligava as cidades de Louvain e Bruxelas, na Bélgica, durante todo o verão, alçaram este combustível a uma posição de alternativa viável aos derivados de petróleo. Tal feito foi possível pela ideia do pesquisador belga Charles George Chavanne, que propôs a transformação de um óleo vegetal em ésteres

metílicos e etílicos de ácidos graxos de cadeia longa e, posteriormente, seu uso em motores de combustão interna de ciclo diesel (KNOTH, 2001).

O uso de óleos vegetais em motores de combustão interna é tão antigo quanto a própria invenção desses motores. Como já discutido, o próprio Rudolf Diesel já havia aventado tal possibilidade. Contudo, processos químicos ocorridos na combustão desses óleos geravam problemas na operacionalidade e no tempo de vida útil dos motores, pois podem gerar depósitos em várias partes do motor (KNOTH *et al.*, 2006), tornando sua aplicabilidade comercial menos viável.

A nomenclatura atual (Biodiesel) só se torna conhecida com a publicação, em 1988, do artigo intitulado “*Development of Biodiesel Fuel*”, pelo cientista chinês R. Wang (DABDOUBE; BRAZEL; RAMPIN, 2009). A segunda citação para esse termo vai acontecer três anos depois (1991) por Bailer e Hueber, no trabalho “*Determination of saponifiable glycerol in 'Bio-diesel'*”, seguindo-se de aplicações recorrentes desse termo na literatura (KNOTH *et al.*, 2006).

No Brasil, a primeira patente requerida acerca de um processo de transesterificação ocorreu em 1980 (DABDOUBE; BRAZEL; RAMPIN, 2009), embora já haja registros de normativas de proibição de exportação de óleo de algodão, sob alegação de reservas para uso como combustível durante a segunda guerra mundial (KNOTHE *et al.*, 2006). A patente aqui referida insere-se contextualmente num momento de eclosão dos projetos de substituição do diesel de petróleo por óleos vegetais, discutidos anteriormente.

Países europeus como a Alemanha e a França despontaram mundialmente como produtores de biodiesel tornando-se respectivamente o primeiro e o terceiro em litros produzidos. Os Estados Unidos da América (EUA) ocupam o lugar número dois nessa lista, devendo-se destacar sua rápida ascensão. Os EUA apresentavam uma produção de 1,9 milhões de litros de biodiesel, no ano de 1995, e alcançam o quantitativo de 852 milhões de litros em 2006 (WORLDWATCH INSTITUTE, 2007). O Brasil nesse contexto atingiu em 2008 a posição número quatro, na produção mundial de biodiesel, colocando-se como principal potência na produção de biocombustíveis (TÁVORA, 2011). Atualmente o Brasil é o segundo maior produtor de biocombustíveis no mundo, ficando apenas atrás dos Estados Unidos da América, tanto para etanol como para biodiesel.

A diversidade de espécies biológicas que podem ser usadas na produção do biodiesel gera uma amplitude de possibilidades produtivas para as diversas regiões mundiais. Cada região tende a aproveitar suas vocações produtivas de forma a garantir a maior estabilidade na oferta de matéria prima. Os fatores geográficos serão nesse sentido, fundamentais para a

garantia produtiva (KNOTH *et al.*, 2006). De acordo com a produtividade e características dos óleos vegetais serão necessárias adaptações nos processos produtivos.

A amplitude dos usos possíveis para os biocombustíveis (em especial do biodiesel), bem como sua diversidade de matérias primas possíveis, tem subsidiado um conjunto de estudos, buscando validar as diversas cadeias produtivas.

Cetinkaya e Karaosmanoğlu (2005) empreenderam estudos para avaliar a geração de energia por biodiesel feito de óleo de fritura. Os autores observaram uma redução na emissão de fumaça e de particulados, tanto na queima de 100% de biodiesel como na mistura de 20% de biodiesel em 80% de petrodiesel (B20). Fazendo uso do biodiesel proveniente de óleos de frituras, Wichmann e Bahadir (2007) estudaram a capacidade lubrificante na indústria de aço desses ésteres alquílicos de ácidos graxos. Para validar os resultados encontrados os autores utilizaram tanto os óleos minerais, já aplicados na indústria, como ésteres provenientes da transesterificação de óleos vegetais refinados. Ao final do experimento foi observado que depois de um pré tratamento os óleos de fritura conseguem produzir lubrificantes de alta qualidade, contudo com características biodegradáveis.

A biodegradabilidade do biodiesel e de seus congêneres tem sido alvo de estudos há bastante tempo. Já em 1998, Zhang e colaboradores observaram que o biodiodiesel proveniente de óleo de Canola e de Soja eram capazes de aumentar em duas vezes a degradabilidade do petrodiesel em diferentes concentrações (20%, 50% e 80%). Thomas (2017) também observou que concentrações acima de 20% de biodiesel em petrodiesel (>B20), tendem a aumentar a biodegradabilidade desse último, em condições laboratoriais. Tais estudos têm corroborado, paulatinamente, os possíveis efeitos benéficos da substituição dos combustíveis fosseis por estruturas biogênicas contemporâneas.

Ademais de tais usos, ainda existem estudos que empreendem esforços no sentido de gerar subprodutos dos ésteres alquílicos de ácidos graxos, no intuito de substituir os derivados de petróleo mais usuais, a exemplo do plástico. Wehlmann (1999) utilizou biodiesel como matéria prima para plástico, observando ser possível sua utilização e uso sem alteração da cadeia produtiva de tal produto, diante de uma qualidade semelhante ao do derivado fóssil.

É nesse contexto que hodiernamente inúmeros estudos têm investigado espécies oleaginosas com potencial de produção de biodiesel, e sua aplicações. A Canola (Colza) tem ampla utilização na Europa e no norte do continente americano, sendo comumente aplicada na produção de biodiesel e óleos alimentares. Estudos têm indicado, sempre que comparado ao petrodiesel, que o biodiesel produz uma maior potência no motor e diminuição na emissão de

NO_x e CO (MIRI; SEYEDI; GHABADIAN, 2017), bem como de particulados (MIRI; SEYEDI; GHABADIAN, 2017; CHONG; HOCHGREB, 2017).

A mamona (*Ricinus communis*), tem ganhado destaque por sua adaptabilidade a ambientes semiáridos e sua capacidade de desenvolvimento diante de uma baixa oferta de água (QUEIROZ; ZAIDAN; SILVA, 2017). A produção, contudo, no Nordeste brasileiro, tem sido prejudicada pela falta de investimento em tecnologias para o produtor (MADALENA *et al.*, 2017), bem como no desenvolvimento de técnicas eficientes de tratamento dos óleos, para aumentar sua qualidade. Amauri *et al.* (2016), analisando o ciclo de vida da produção de biodiesel dessa espécie, indicaram sua capacidade de geração de baixos danos ambientais, frente um cultivo promissor.

Um fator bastante preocupante na produção de oleaginosas para biodiesel é a concorrência com a produção de gêneros alimentícios (ROSINA *et al.*, 2017), como é o caso da soja. O algodão tem se destacado por apresentar a capacidade de gerar óleo a partir de um subproduto. A produção brasileira está direcionada para a produção de pluma, para abastecer a indústria têxtil, e o caroço do algodão pode ser usado para gerar óleos de alta qualidade para a produção do biodiesel, bem como ração animal a partir da torta resultante. Raj, Subramanian e Manikandaraja (2017) indicaram que a adição do biodiesel de algodão ao petrodiesel, mesmo em concentrações baixas (10% e 20%) é capaz de aumentar a lubricidade do motor e diminuir a emissão de poluentes.

O melhoramento dos processos de transesterificação auxilia na produção de biodiesel com melhor qualidade. Algayyim, Wandel e Yusaf (2017), empreenderam estudos no sentido de melhorar o óleo de semente de algodão e perceberam ser possível interferir na emissão de poluentes. A comparação entre os diversos tipos de biodiesel, embora pouco usual, permite compreender suas características, gerando arcabouço teórico que subsidiem escolhas produtivas inteligentes. Estudos realizados na Índia compararam biodiesel B20 (20% de biodiesel + 80% de petrodiesel) de algodão e de arroz e indicaram que os dois apresentaram melhor rendimento do que o petrodiesel. Adicionalmente ainda indicaram uma melhor performance do biodiesel de arroz.

A cadeia produtiva também precisa ser levada em conta para garantir uma matriz energética de base limpa. No caso do algodão, o fator de maior depreciação das condições ambientais está na fase de produção agrícola, onde o uso de defensivos gera um ônus inestimável para o ambiente (LIMA *et al.*, 2017). Outra fase que merece destaque é a transesterificação, por sua capacidade de geração de efluentes.

Culturas de espécies de ocorrência natural e que não apresentam ciclos curtos, tendem a apresentar menor impacto, dada a possibilidade de dispensa por processos corretivos de solo. Embora apresentem maior dificuldade de explicação comercial, permitem o consórcio com outros gêneros enquanto se desenvolvem. As palmeiras (Arecaceae), nesse sentido, têm ganhado lugar de destaque na produção de óleos vegetais.

O uso de palmeiras para a produção de frutos em larga escala permite o desenvolvimento de cultivos em condições adversas a vastos grupos de vegetais. As condições adaptativas que essas espécies, ao longo do seu processo evolutivo, tiveram que desenvolver para proteger seus embriões, permitiram sua instalação em ambientes severos (COSTA; MARCHI, 2008a). O alto teor de óleo presente nos frutos dessas espécies tem despertado o interesse de diversos pesquisadores para a produção de biodiesel.

Tarigan *et al.* (2017) empreenderam estudos para barateamento da produção de biodiesel a partir de óleos de palmeiras buscando tornar esse produto competitivo no mercado. Outros estudos têm buscado investigar os efeitos da mistura de diversos tipos de biodiesel no desempenho de motores (NALGUNDWAR; PAUL; SHARMA, 2016), observando aumento na potência e diminuição na emissão de monóxido de carbono. Comparativamente com outros biocombustíveis, o biodiesel de palmeira (coco) apresenta características melhores, melhor rendimento e menos emissão de poluentes (BRESSAN *et al.*, 2017). O custo de produção é um fator importante para gerar competitividade de mercado desse produto (KNOTHE *et al.*, 2006). Cruz, Ferreira e Rodrigues (2017) observaram a viabilidade econômica de três processos de transesterificação do óleo de macaúba (*Acrocomia aculeata*). Os autores indicaram uma variação nos custos de produção de R\$ 0,27 (entre R\$ 1,50 e R\$ 1,77), indicando viabilidade produtiva nos três modelos.

Ademais de todos os estudos empreendidos sobre o potencial oleaginoso das espécies e sobre o processo produtivo do biodiesel, a cadeia produtiva dos diversos organismos entrou nas discussões contemporâneas como possíveis vetores de desenvolvimento social nos espaços agrários.

2.4 MARCO LEGISLATIVO E ARRANJOS PRODUTIVOS DO BIODIESEL

O Plano Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) avançou significativamente na proposição de uma diversificação da base produtiva da matriz energética brasileira. Historicamente, a produção agrária nacional esteve pautada nas *commodities* e sustentada numa estrutura fundiária extremamente concentradora de renda. Sem retomar a discussão já apresentada anteriormente, é importante lembrar que a produção de agroenergia no Brasil

primeiramente amparou-se numa estrutura vigente desde o século XVI, a produção de cana-de-açúcar. O Proálcool, no momento de seu lançamento, é um caso único porque atende a um espectro imenso de interesses: do governo; dos militares; da indústria de etanol; das aristocracias agrícolas (do Nordeste e de São Paulo); dos burocratas; dos pesquisadores etc. (HALL *et al.*, 2009).

O documento final do grupo de trabalho interministerial para estudo da viabilidade da implementação do Probiodiesel (criado no ano de 2003), propõe o uso de uma base produtiva que permita o desenvolvimento das áreas econômicas mais carentes e, indica o uso de uma matriz energética diversa (PINHO; SUAREZ, 2017). É nesse sentido que o PNBP avança na perspectiva de produção energética. Ao propor a geração de atividades produtivas para grupos economicamente marginalizados, nos espaços agrários, transforma a geração de energia (questão fundamental para o planejamento estratégico) num vetor de desenvolvimento econômico para enfrentar a desigualdade social (questão estratégica para a gestão do estado).

No dia 06 de dezembro de 2004, por meio de uma medida provisória, foi instituído o Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, que em 13 de janeiro de 2005 tornou-se lei sob o número 11.097 (PINHO; SUAREZ, 2017). Além de estabelecer o biodiesel como combustível componente da matriz energética nacional, instituiu os meios de produção e as condições de constituição da demanda, ao determinar o incremento progressivo do biodiesel no diesel de petróleo.

A determinação do progressivo aumento dos teores de biodiesel em petrodiesel, pelas leis 11.097/2005, 13.033/2014 e 13.263/2016, criaram as condições necessárias para o desenvolvimento de uma cadeia produtiva que atendesse à ascendente demanda nacional. Para garantir, ainda, o desenvolvimento econômico proposto no relatório que deu origem ao plano, foi criado pelo Decreto Nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004, o Selo Combustível Social, que é concedido ao produtor de biodiesel que utilize oleaginosas oriundas da agricultura familiar, desde que atendam às especificações, atualmente dadas pela Portaria nº 512, de 5 de setembro de 2017. O selo garante isenção de impostos que podem variar entre 30% e 100%, para PIS/COFINS (PINHO; SUAREZ, 2017), garantir, a esses produtores, prioridade nos leilões de compra e venda de biodiesel da Agencia Nacional de Petróleo Gás e Biocombustíveis - ANP, além de facilidades na aquisição de empréstimos junto a bancos públicos (SILVA, 2013).

Passados mais de 13 anos da inserção do biodiesel (dezembro de 2004) na matriz energética brasileira, algumas considerações estão sendo feitas no sentido de discutir os êxitos e fracassos desse Programa. Embora não seja escopo da presente pergunta tal discussão, é

com base nas possíveis fragilidades desse Programa que esta proposta de estudo se circunscreve.

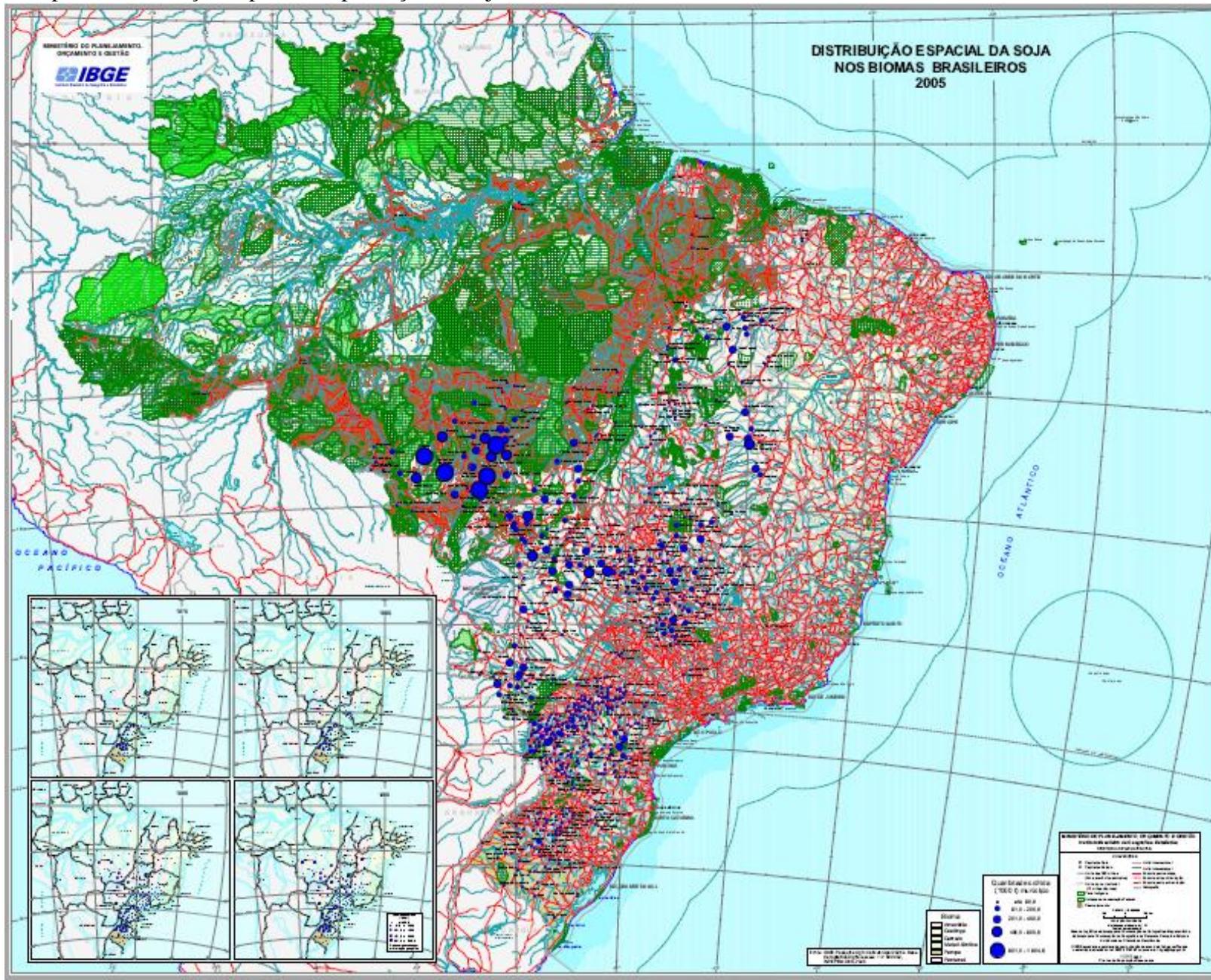
Uma das principais indicações do grupo de trabalho interministerial sobre o biodiesel foi a não restrição da produção de biodiesel a uma única espécie, para que fosse possível garantir uma diversificação produtiva, que usufruísse do grande potencial oleaginoso do país de forma ampla (PINHO; SUAREZ, 2017). Esse, contudo, parece ser o maior fator de frustração do Programa em questão.

Ao analisar a inserção da agricultura familiar e a produção do biodiesel brasileiro, Silva, Grasel e Mertens (2017) perceberam que não houve avanço expressivo na diversificação da matéria prima, tornando-se, para esses autores, principal desafio a ser superado. Apenas 4% da produção nacional advêm de oleaginosas não convencionais (PINHO; SUARES, 2017). A soja tem sido a principal produtora de óleos para as indústrias de biodiesel no Brasil (RODRIGUES; ABRE, 2016), gerando um direcionamento produtivo que vai de encontro à proposta original do PNPB.

O uso da soja, contudo, não pode ser indicado como um fator de exclusão do pequeno agricultor do processo, uma vez que a agricultura familiar também é capaz de produzir *commodities* (RIBEIRO *et al.*, 2015; BAZOTTI; COELHO, 2017). Silva, Grasel e Mertens (2017) reconhecem que há uma participação desses agricultores na cadeia produtiva, embora não consigam reconhecer essa participação como produto de uma inclusão. A participação familiar agregada a uma produção direcionada para determinada espécie gera uma ausência de diversificação espacial na produção. No Brasil, o espaço de produção da soja está circunscrito predominantemente no que Ab'Sáber (2003) chama de domínio morfoclimático dos cerrados, e no sul do país, na região de domínio da mata Atlântica (figura 1), não sendo, este gênero, adaptado às condições dos domínios das depressões interplanálticas dos sertões nordestinos (Caatinga), onde se inserem as populações mais economicamente vulneráveis.

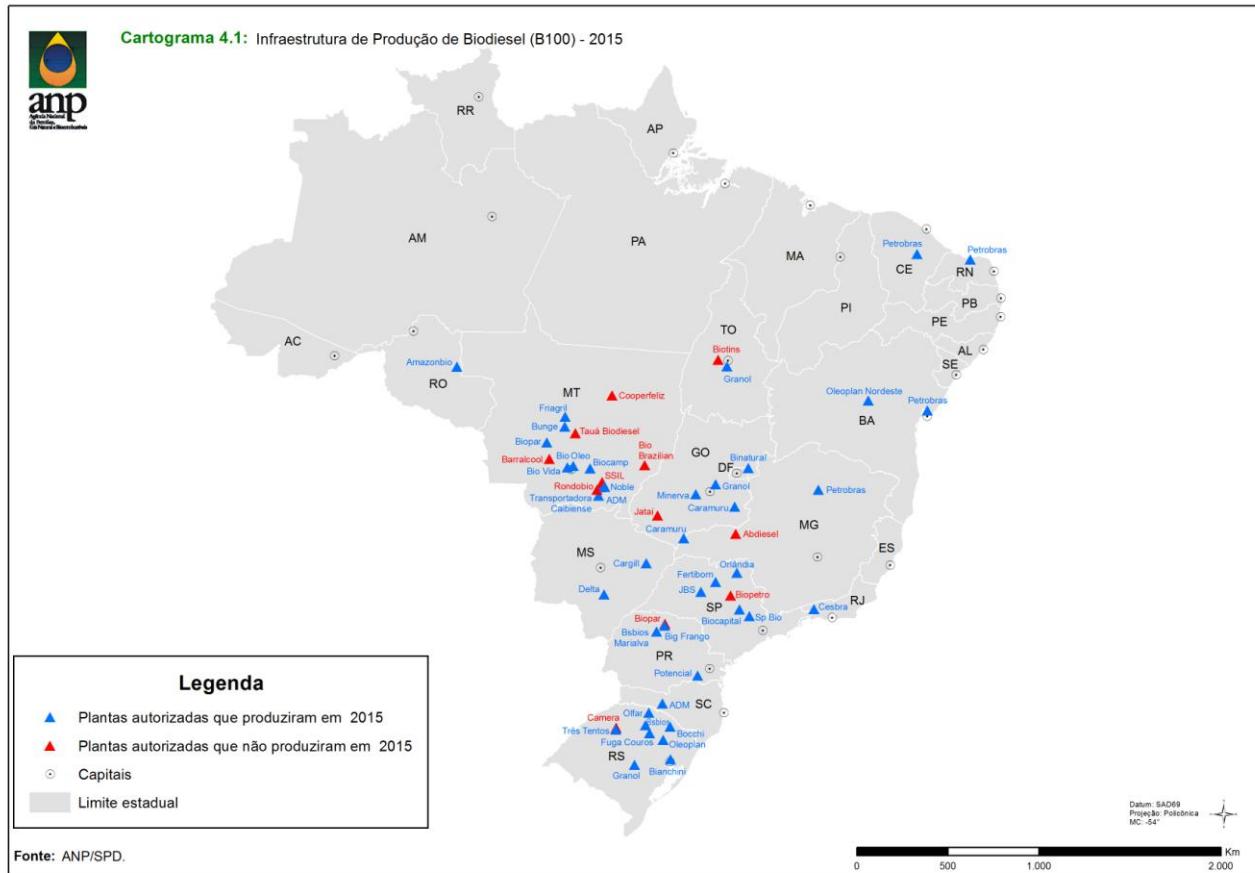
Atualmente, a produção de matéria prima para o biodiesel se encontra extremamente concentrada na região sul do país (SILVA, 2013; SILVA; GRASEL; MERTENS, 2017), que, por sua vez, apresenta o segundo maior PIB, por região. Essa realidade coloca em xeque toda a proposta desenvolvida no PNPB, direcionando os fluxos financeiros para regiões economicamente estáveis. Num alinhamento "espontâneo" com tal matriz produtiva, as unidades de produção de biodiesel tendem a direcionar suas plantas para essas localidades (figura 2). Uma observação do mapa de distribuição das unidades de produção e beneficiamento de biodiesel, produzido pela ANP, nos permite identificar uma sobreposição, com raras exceções, aos espaços de produção de soja no Brasil.

Figura 1 - Mapa da distribuição espacial da produção da soja nos biomas brasileiros durante o ano de 2005



Fonte: IBGE, 2005.

Figura 2 - Distribuição espacial das unidades produtoras (instaladas ou autorizadas) de biodiesel no Brasil segundo a Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis - ANP no ano de 2015.



Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2015.

O PNPB permitiu ao Brasil tornar-se o segundo maior produtor de biodiesel do mundo. Contudo, diante da realidade exposta, a produção encontra-se extremamente concentrada num baixíssimo número de espécies, limitado às áreas de produção. No ano de 2013, cerca de 90% do biodiesel produzido em território nacional advinham de óleo de soja (SILVA, 2013); quatro anos depois, cerca de 77% ainda advêm dessa oleaginosa (PINHO; SUAREZ, 2017).

O desenvolvimento técnico das culturas é apontado, por Loreto, Calvelli e Silva (2017), como um dos principais fatores impeditivos para a expansão de novos núcleos produtores de oleaginosas. O desenvolvimento tecnológico que a soja alcançou no território brasileiro, garante aos produtores meios técnicos para ampliar sua produção e garantir seu escoamento. Tal realidade precisa ser enfrentada sob risco de aprofundamento das disparidades regionais e aprofundamento dos problemas sociais decorrentes.

Ao determinar a inserção da produção familiar na produção de biodiesel, o estado age como um gerador de demanda para esses grupos, contudo se isenta parcialmente de

responsabilidade na qualificação técnica desses sujeitos. O selo combustível social (SCS) prevê como responsabilidade das indústrias de biodiesel o desenvolvimento de treinamento e suporte técnico para os produtores de matéria prima, a fim de garantir as condições necessárias para a permanência da oferta.

Loreto, Calvelli e Silva (2017) indicam que esse treinamento não é feito de forma suficiente e, no caso da mamona, há um baixo conhecimento técnico por parte dos produtores, fazendo com que a atividade ganhe um viés marginal na produção familiar, apresentando-se como uma adição de renda. Tal realidade pode gerar, a longo prazo, um abandono dessas atividades por parte dos produtores (SANTOS, 2017), gerando insegurança na oferta de matéria prima.

Outra grande preocupação no desenvolvimento da agroenergia é o risco de concorrência com a produção de alimentos no campo. A este respeito não se pode considerar que no Brasil a produção agroenergética crie uma condição de insegurança alimentar (RODRIGUES; ABREU, 2016; BAZOTTI; COELHO, 2017). Cabe considerar, como fator de preocupação contemporânea, o fato da atual produção não estar atrelada às oleaginosas endêmicas dos biomas nacionais, gerando uma progressiva inserção de espécies exóticas nas áreas agricultáveis dos sertões brasileiros.

O uso de espécies exóticas na produção de biodiesel no Brasil tem sido corriqueiro. O alto teor de óleo de algumas espécies, bem como o melhoramento genético consolidado de outras, fizeram com que a produção, quando diversificada, se direcionasse para espécies introduzidas. Os estudos que atestam a viabilidade produtiva dão suporte a disseminação dessas espécies no território nacional. A este respeito é possível citar espécies como o dendê - *Elaeis guineenses* (MOTA *et al.*, 2017), o pinhão-manso - *Jatropha curcas* (ADEBAYO; AMEEN; ABASS, 2011; SILITONGA *et al.*, 2017), a mamona - *Ricinus communis* (MADALENA *et al.*, 2017), a canola - *Brassica napus* (SILVA *et al.*, 2017), e a soja - *Glycine max* (RIBEIRO *et al.*, 2015) que atualmente ganham espaço na produção brasileira de biodiesel em detrimento de grupos endêmicos, que, por vezes, apresentam maior teor de óleo.

Embora úteis e com potencial produtivo, espécies exóticas precisam ser encaradas como organismos com potencial de agregar desordem nos ecossistemas. Ao considerarmos que as espécies coevoluem com o ambiente, deveremos considerar que a inserção de espécies estranhas pode gerar desestabilidade de produção ou de consumo de nutrientes. Wilsey, Barber e Martin (2015) ao avaliarem a capacidade de germinação de espécies de pastagens exóticas e nativas perceberam que aquelas que não eram típicas do ecossistema observado apresentavam maior velocidade germinativa e criavam condições que inibiam as nativas,

causando uma progressiva diminuição desses organismos. Alba *et al.* (2015) perceberam que espécies exóticas em regiões submetidas a queimadas apresentavam alto potencial regenerativo, mesmo não estando nas suas condições de origem, gerando possibilidade de pressão sobre organismos endêmicos.

Deve-se considerar, contudo, que o desenvolvimento de alguns gêneros exóticos pode representar um fator benéfico para a garantia da segurança alimentar de diversos grupos humanos e, portanto, não podem ter seu fator social desconsiderados. O caso da batata, típica da América do Sul, na Europa é um bom exemplo. Contudo, tais condições precisam ser observadas com bastante cuidado, sob o risco de subsidiar ações predatórias, a longo prazo, de biomas únicos.

Em se evocando como exemplo, o caso da algaroba (*Prosopis juliflora*) no semiárido brasileiro ilustra bem os perigos causados pela inserção desordenada de espécies exóticas e o alto custo biológico de tais inserções para as comunidades locais. Com forte potencial de fornecimento de madeira e alimento para o gado, essa espécie já foi considerada de forte interesse social e econômico para o sertão nordestino (PEREZ; MORAES, 1991; SILVA *et al.*, 2007). Considerada com potencial de nutrição para humanos (SILVA *et al.*, 2007) foi bastante estimulada até os anos 2000. Hodiernamente, comprehende-se que sua expansão nos espaços semiáridos do Nordeste brasileiro tem colocado em risco espécies nativas da região. Pegada *et al.* (2006) ao comparar duas áreas de remanescentes de Caatinga perceberam, na área com presença de algaroba, menor diversidade biológica que em outras áreas do bioma, com mesma condição edáfica, onde essa espécie estava ausente.

Andrade, Fabricante e Oliveira (2010) também perceberam que em áreas de ocorrência da algaroba 70% dos indivíduos observados eram desta espécie. A diminuição da diversidade de indivíduos está diretamente ligada ao poder de competição que essa espécie tem frente aos organismos endêmicos do bioma (PEGADA *et al.*, 2006).

Assim a amplificação da matriz energética nacional precisa estar vinculada a um progressivo incremento dos usos das espécies endêmicas dos biomas brasileiros, evitando ao máximo colocar em risco a vasta diversidade biológica nacional.

2.5 SEMIÁRIDO: VULNERABILIDADE SOCIOECONÔMICA E PROCESSOS DE SALINIZAÇÃO

As regiões áridas do mundo recobrem 41% da superfície terrestres e constituíam-se, no ano 2000, como espaço de vivência para cerca de 2 bilhões de seres humanos (SOARES *et al.* 2016). As limitantes físicas, geradas pelas condições de escassez de água sempre

dificultaram a ocupação, contudo, nunca conseguiram impedir as práticas espaciais humanas. Nesses espaços, civilizações consolidaram-se e desenvolveram técnicas de convivência com os ciclos hídricos aparentemente desfavoráveis. É importante destacar que nessas localidades os ritmos humanos tendiam a respeitar a oferta do ambiente, gerando uma condição isostática que só era rompida por eventos extremos advindos dos próprios ciclos naturais (como secas prolongadas ou enchentes devastadoras).

Com exemplo do rompimento dessa estrutura de "equilíbrio", advindo da dinâmica natural, Ab'Sáber (2003) recorda a ocorrência de migrações indígenas ocorridas no século XVI, no Nordeste brasileiro, impulsionadas pelo forte déficit hídrico oriundo de eventos de secas ocorridos naquele século. Nesse sentido, pode-se afirmar que a condição de vulnerabilidade, quando ausente as condições técnicas para uso do potencial hídrico, é inerente ao habitante das regiões áridas.

Ainda tratando da realidade brasileira, Ab'Sáber (2003) diz que a própria condição de aridez, observada em grande parte da região Nordeste, é resultante de um conjunto complexo de fatores: climáticos, hidrológicos e ecológicos. Essas condições se estendem no Brasil por uma área de 720.000 km², dominada por uma realidade edafoclimática única, repleta de potencialidade.

Com uma extensão territorial de 1.554.387,7 km² e habitado por mais de 23 milhões de pessoas, o semiárido brasileiro pode ser considerado como a região semiárida mais povoada do mundo. Diferente das outras regiões áridas terrestres, onde os grupos humanos tendem a se condensar próximo aos oásis e fazer desses espaços conglomerados antrópicos, o Nordeste, nos domínios de semiaridez, é povoado de forma extremamente homogênea, com núcleos habitacionais espalhados por toda a região de domínio das Caatingas (AB'SÁBER, 2003). Pensando numa biogeografia humana, pode-se dizer que há, sem dúvida, uma distribuição difusa, no Nordeste brasileiro, das populações sertanejas, com locais de sedentarização entrecortados por núcleos de Caatinga nativa e cultivos sazonais, facilitados por espaços de acúmulo e vazão de água.

Um adensamento populacional desse porte, num ambiente com características tão específicas, tende a gerar potenciais desestabilizações dos sistemas. Nos ambientes semiáridos a aparente fragilidade das estruturas biológicas se assenta no fato de que os organismos presentes estão total e/ou exclusivamente adaptados às condições específicas dos ciclos biogeoquímicos. Tal fragilidade está vinculada de forma mais direta aos sistemas ambientais que aos organismos, que tendem apresentar alto grau de resiliência.

Dentre os processos adaptativos presentes, está a resistência às condições sazonais de ausência de água, o aproveitamento da intensa incidência solar, a resistência ao arrasto efêmero de material regolítico e, a tolerância ao incremento na concentração de compostos na estrutura dos solos. Esta adaptação, por vezes, pode ser prejudicada por processos desencadeados por usos inadequados do solo, em detrimento das condições ambientais vigentes.

Um dos principais processos com potencial de fragilização desse ambiente é a desertificação. A Conferência das Nações Unidas de Combate à Desertificação (1977, p. 88) define esse processo como sendo "a diminuição ou a destruição do potencial biológico da terra, que pode finalmente conduzir a condições desérticas. É um aspecto da deterioração generalizada dos ecossistemas (...)", e ainda adverte que,

em geral, a procura de uma produtividade cada vez maior intensificou a exploração e levou o homem a terras menos produtivas e mais frágeis. A sobreexploração dá origem à degradação da vegetação, solo e água, os três elementos que servem de base natural para a existência humana. Em ecossistemas excepcionalmente frágeis, como os que estão nas margens do deserto, a perda de produtividade biológica através da degradação dos recursos vegetais, animais, do solo e da água pode tornar-se irreversível e reduzir permanentemente a capacidade de sustentar a vida humana. A desertificação é um processo de auto-aceleração, alimentando-se e, à medida que avança, os custos de reabilitação aumentam exponencialmente. A ação para combater a desertificação é necessária urgentemente antes que os custos da reabilitação aumentem para além da possibilidade prática ou antes que a oportunidade de agir seja perdida para sempre.

Embora como marco internacional possa ser considerado esta conferência, a discussão sobre desertificação é bem anterior. Já no final da década de 1930, o pesquisador francês Louis Lavauden iniciou as discussões sobre o tema. Nessa mesma década, observações nos Estados Unidos indicavam oscilações no regime hídrico e seus potenciais efeitos no ambiente entre 1929 e 1932 (SCHENKEL; MATALLO JUNIOR, 2003). Contudo, é com André Aubreville, durante os anos de 1940, que as observações ganham contornos científicos. Suas pesquisas buscam indicar as possíveis regiões de ocorrência desse processo, com um enfoque nas florestas tropicais da África. Com o auxílio de isoietas, como parâmetro de análise, o pesquisador conseguiu perceber que nas faixas de precipitação entre 700 a 1.500 mm, estavam surgindo desertos provenientes das atividades humanas (GLANZT; ORLOVSKY, 1983).

Mundialmente, a desertificação só ganha visibilidade durante a seca prolongada ocorrida na região de Sahel, África - entre 1968-1973 (SANTANA, 2007). Em 1972, motivados por eventos catastróficos que colocaram a saúde humana em risco (como a contaminação por chumbo ocorrido na baía de Minamata - Japão), o governo sueco exerce pressão sobre a ONU culminando com a realização da Conferência das Nações Unidas para o

Meio Ambiente, na cidade de Estocolmo, que resultou, dentre outras coisas, no relatório de Estudo do Impacto Humano no Clima (Study on Man's Impact on Climate – SMIC).

Em 1977, decorrente das discussões realizadas em Estolcomo, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação, em Nairóbi (JALFIM, 2004; CONTI, 2008). Segundo esta (por meio do Plano de Ação para Combater a Desertificação - PACD) a desertificação poderia ser compreendida como a “degradação progressiva dos ecossistemas naturais de uma área, resultante de fatores naturais ou da ação do homem, e geralmente de ambos conjuntamente” (VASCONCELOS SOBRINHO, 1983 p. 20).

A Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (1986), considera a desertificação um aspecto extremo da deterioração dos ecossistemas, oriunda da pressão combinada de dois fatores: clima adverso e exploração agrícola. Adicionalmente, a Avaliação Global de Degradação dos Solos (GLASOD – Global Assessment of Soil Degradation) considera que possíveis processos dessa ordem não estão relacionados à fragilidade dos ecossistemas, mas à existência de um balanço entre a resistência natural dos solos, cobertura vegetal, influência climática e distúrbios provocados pelas ações humanas. Nesse sentido, pode-se compreender que a perda de qualidade dos solos em ambientes semiáridos está diretamente atrelada a uma condição de estresse provocado no ambiente, tanto por condições naturais severas como por atividades produtivas inadequadas.

A deterioração/degradação dos solos pode ocorrer por processos químicos ou físicos. Quando de ordem química, esses processos incluem a perda de nutrientes (especificamente nitrogênio, fósforo e potássio) ou matéria orgânica, geralmente advindos de prática agrícola em solos pobres ou moderadamente férteis; salinização ou concentração de sais na camada superior do solo, oriundas de técnicas de irrigação inadequada, ou invasão da água do mar ou águas subterrâneas salinas, ou atividades humanas que aceleram evaporação em solos salinos ou com a água do lençol freático; acidificação, pela aplicação excessiva de fertilizantes ou pela drenagem; poluição advinda das mais diversas origens (ISRIC/UNEP, 1991).

O Nordeste brasileiro é considerado pela Conferência das Nações Unidas de Combate à Desertificação - UNCCD (1994) como uma área propícia ao processo de desertificação. Essa região semiárida do Brasil é considerada, por alguns autores, como uma área de equilíbrio instável (VASCONCELOS SOBRINHO, 1983; SCHENKEL e MATALLO JUNIOR, 2003; SAMPAIO *et al.*, 2003) e, em decorrência de tais condições, susceptível a sofrer, com maior intensidade, impactos na cobertura vegetal e no solo, oriundos da intervenção humana. Dentre as formas de intervenção humana geradoras de degradação estão

as lavouras itinerantes, criação extensiva, queimadas (VASCONCELOS SOBRINHO, 1983), e manejo inadequado do solo.

Vasconcelos Sobrinho (2000), ao tratar do processo gerador da desertificação no Nordeste do Brasil, expõe a ação humana como um agente desestabilizador da estrutura frágil que garante a autodependência entre os elementos desse ecossistema. Conforme as palavras desse autor, diante da ação arrasadora¹ das atividades humanas "o solo foge perdendo a fertilidade, assoreando os rios, sua superfície resseca-se e impermeabiliza-se; a cobertura vegetal perde a pujança e degrada-se; a atmosfera desidrata-se dificultando as precipitações" (p.10) e assim, grande parte da região conhecida como Polígono das Secas se sujeita ao fenômeno da desertificação.

Dos mais de 1.500.000 km² do Nordeste semiárido, aproximadamente 180.000 km² são recobertos por áreas em processo de degradação entre parâmetros muito graves e graves (SANTANA, 2007). Extensas áreas, nessas condições adversas encontram-se em processo de desertificação. Tais áreas estão divididas segundo sua localização, e para distingui-las das regiões circundantes foram denominadas de Núcleos de Desertificação (VASCONCELOS SOBRINHO, 1983).

Vasconcelos Sobrinho, juntamente com a SUDENE, no ano de 1977, iniciaram um estudo com o objetivo de identificar as áreas mais críticas desse fenômeno, e analisá-las como áreas piloto. Neste sentido, foram selecionadas seis áreas para observação e posterior mapeamento da desertificação no Nordeste brasileiro. Na década de 1990 o Núcleo Desert, da Universidade Federal do Piauí – UFPI, empreendeu novos estudos, usando como referência os dados produzidos por Vasconcelos Sobrinho, com o apoio do Ministério do Meio Ambiente e da Embrapa Semiárido (BRASIL, 2005).

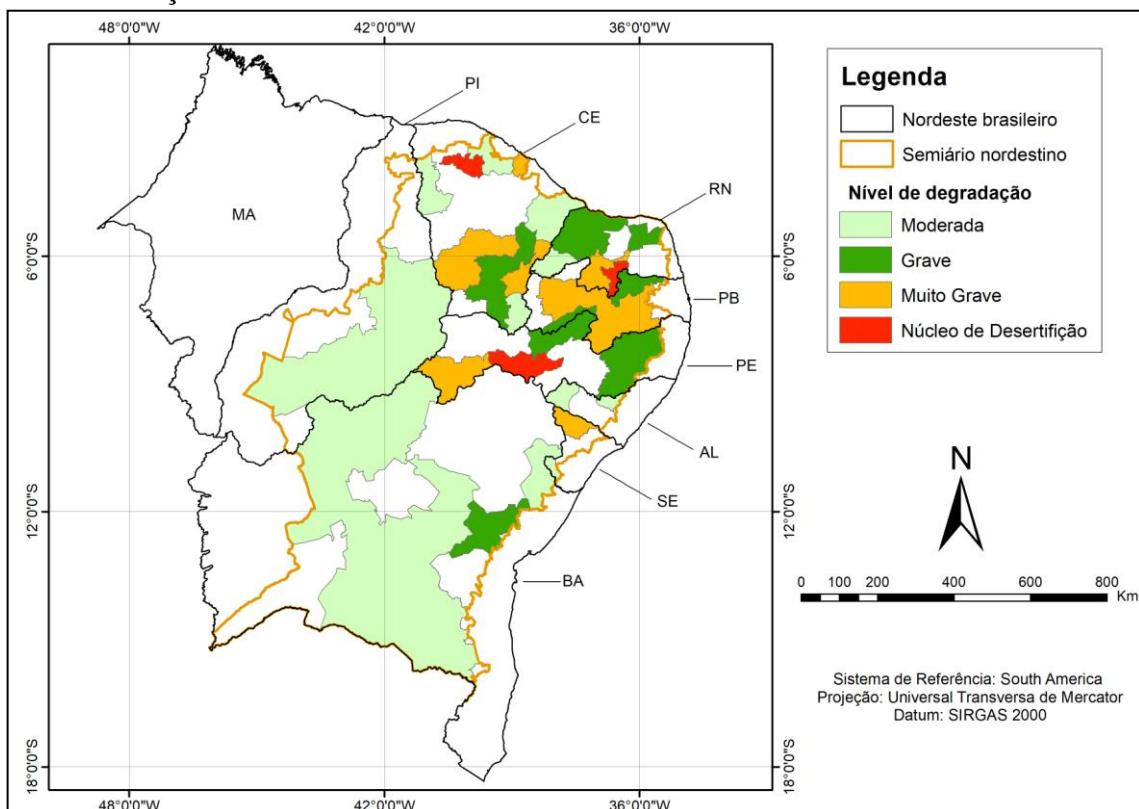
Ao final das diversas investigações foi possível determinar a área total sob influência do processo de desertificação. Com uma área de 18.740 km², essas regiões abrangem os núcleos de Gilbués (PI), Irauçuba (CE), Seridó (RN) e (PB), Cabrobó (PE) (MMA, 2007). A nova classificação dos núcleos de desertificação estabelecida pelo Instituto Nacional do Semiárido – INSA está classificada em níveis de degradação: moderada; grave; e muito grave.

O núcleo de desertificação de Cabrobó, em Pernambuco, é formado por cinco municípios: Belém do São Francisco, Cabrobó, Carnaubeira da Penha, Floresta e Itacuruba. Reveste-se de fundamental importância para sua microrregião por ser, em virtude de sua

¹ O termo arrasador, embora bastante fatalista, foi empregado para fazer jus a uma expressão usada pelo próprio autor referido.

proximidade com o rio São Francisco, uma área de produção agrícola para o mercado local. É, ainda, uma área onde a maioria dos produtores dispõe de baixo poder aquisitivo e pouco domínio de instrumentos técnicos. Com isso, o uso de técnicas agrícolas inadequadas tem gerado prejuízos de ordem biológica, edáfica, econômica e social, fazendo com que os efeitos da desertificação sejam sentidos com bastante intensidade.

Figura 3 - Áreas degradadas e núcleos de desertificação do Nordeste brasileiro estabelecidos pela classificação do Instituto Nacional do Semiárido: INSA.



Fonte: IBGE, 2001; INSA, 2017. Autor: Victor Pina.

Por efeitos da desertificação entendem-se consequências que englobam fatores biogeofísicos, biogeoquímicos e sociais em diferentes escalas espaço-temporais. Resulta, nesse sentido, da degradação severa de ambientes áridos, semiáridos e subúmidos, podendo ocorrer a partir de um conjunto dinâmico de elementos que agem tanto de forma isolada como somada. No espectro das possíveis formas de degradação destacam-se a remoção da vegetação natural (BERTILLER, 1996; OKIN *et al.*, 2009; VERÓN *et al.*, 2006), a erosão eólica e laminar (OKIN *et al.*, 2009), a diminuição da fertilidade (REYNOLDS *et al.*, 2007) e a salinização (AMEZKETA, 2006).

A salinização tem sido alvo de investigações por propiciar o abandono por parte do produtor ao diminuir significativamente a rentabilidade da lavoura (GALDINO *et al.*, 2017).

Panella *et al.* (2016) mencionam que 7% das áreas terrestres e 20% das áreas agricultáveis sofrem atualmente com processos de salinização, tornando-se um dos principais problemas do setor agrícola em áreas semiáridas (MEDEIROS *et al.*, 2017), chegando a gerar perdas de 12 bilhões de dólares por ano (AL-KHARUSI *et al.*, 2017).

Os solos são classificados como salinos quando apresentam condutividade elétrica (CE) acima de 4 dS m⁻¹, o que equivale aproximadamente a 40 mM de NaCl, gerando uma pressão osmótica de 0,2 MPa (FERREIRA-SILVA *et al.*, 2010). Em solos semiáridos estas condições se apresentam a partir de uma diversidade de fatores, como chuva escassa, alta evapotranspiração, alta temperatura, gestão inadequada do solo (MELONI, *et al.*, 2003), ou uma combinação desses fatores, total ou parcialmente.

Constantemente o incremento de água proveniente da irrigação para cultivo, associado a alta taxa de evaporação, gera um aumento na concentração de sais do solo que pode provocar infertilidade com o decorrer do tempo. Souza *et al.* (2016) e Soares *et al.* (2016) empreenderam estudos para avaliar a influência da irrigação nos processos de salinização do solo em regiões semiáridas distintas. Souza *et al.* (2016) observaram que, quando comparadas, as amostras de solo provenientes de espaços de agricultura apresentavam valores de sais consideravelmente maiores que as procedentes de áreas de vegetação nativa em localidade próximas. Estes resultados indicam que a irrigação é capaz de incrementar quantitativos consideráveis de sódio na estrutura dos solos. No mesmo sentido Soares *et al.* (2016) observaram que em áreas de cultivo que utilizavam como método a irrigação por sulco e/ou inundação, havia uma elevada presença de sódio em detrimento de áreas que nunca haviam sido cultivadas.

A presença de altos níveis de sódio no solo causa prejuízos biológicos e econômicos. A hiperosmolaridade do meio diminui de forma considerável o potencial osmótico da solução do solo e restringe a absorção de água pelas raízes, restringindo também a absorção de nutrientes (FERREIRA-SILVA *et al.*, 2010), gerando estresse osmótico na planta (GALDINO *et al.*, 2017). A mobilidade entre o sódio (Na⁺) e o potássio (K⁺) é fundamental para o funcionamento dos vegetais (GALDINO *et al.* 2017). O incremento de Na⁺ gera um déficit de K⁺ que pode comprometer o metabolismo, inibindo o crescimento e as funções vitais de formação de tecido.

O K⁺ tem sido considerado o elemento de maior mobilidade nas plantas, essencial para quase todos os estágios de desenvolvimento (AL-KHARUSI *et al.*, 2017; GALDINO *et al.*, 2017; ASSAHA; UEDA; SANEOKA, 2013). O potássio intervém na maioria dos processos fisiológicos, incluindo a regulação do pH, abertura estomática, tráfego de proteínas (AL

KHARUSI *et al.*, 2017), fotossíntese e respiração (FERREIRA-SILVA *et al.*, 2010). Assim, o aumento do sódio nas folhas pode afetar processos bioquímicos e fisiológicos que são dependentes do potássio.

Meloni *et al.* (2003) perceberam que a abertura estomática causada pela salinidade interferiu de forma negativa na capacidade fotossintética das plantas estudadas. Ao estudarem coqueiros desenvolvidos em ambientes com níveis progressivos de salinidade, Medeiros *et al.* (2017) perceberam que quanto maior o incremento de salinidade menores são as taxas de crescimento (altura e diâmetro).

Contudo, apesar de condições tão adversas várias plantas possuem estratégias de convivência com a salinidade (PANELLA *et al.*, 2016), indicando que é possível o desenvolvimento de alguns gêneros nesses ambientes como forma de aumentar a cobertura do solo e permitir a progressiva recuperação desses espaços. Alguns dos gêneros cultiváveis nesses espaços degradados podem oferecer valor comercial implicando em um potencial amplificador de renda para as populações, economicamente vulneráveis, que assistem essas regiões.

O cultivo de algumas variedades de palmeira tem mostrado potência de resistência às condições salinas (MARASHI *et al.*, 2017). De cinco cultivares estudadas, três apresentaram resistência a níveis altos de salinidade, mostrando a necessidade de mais estudos. Galdino *et al.* (2017) indicam que uma forma de reutilização dos espaços degradados por salinização é a inserção de espécies oleaginosas resistentes a salinidade, por permitirem, a além da recolonização vegetal do espaço, a exploração do potencial oleaginoso dessas espécies. Contudo, é fundamental entender que a adaptação a salinidade é altamente variável, tanto entre espécies como entre variedades, chegando até a distar entre indivíduos dentro de um mesmo grupo (AL-KHARUSI *et al.*, 2017). Nesse contexto é fundamental o empreendimento de estudos que tragam no seu escopo de pesquisa a avaliação de desenvolvimento de espécies oleaginosas em ambientes degradados.

2.6 POTENCIAL OLEAGINOSO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

O semiárido brasileiro, por suas características peculiares, abriga um conjunto de espécies endêmicas, com processos adaptativos específicos (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2007). É sabido que oleaginosas não são exclusivas de regiões áridas, contudo, por sua característica de armazenamento de gorduras nos frutos, para o processo germinativo, garantem condições nutritivas de sobrevivência em condições severas. Nesse sentido diversas oleaginosas

integram os organismos que apresentam estruturas necessária para lidar com as condições de escassez hídricas e temperatura elevada.

As plantas oleaginosas têm a capacidade de armazenar em sua estrutura (geralmente no fruto) quantidades variáveis de óleos ou gorduras. O processo de armazenamento desses óleos geralmente está atrelado a grandes armazenamentos de proteínas. Tais proteínas geralmente são utilizadas na ração de animais.

O Nordeste brasileiro apresenta uma grande diversidade de oleaginosas. Contudo, seu cultivo está bastante vinculado ao consumo alimentício doméstico (BRANDÃO, 2007), e aquelas que apresentam algum nível de exploração ainda apresenta uma quantidade inexpressiva. Algumas oleaginosas, por sua vez, têm se destacado por seu alto percentual de óleos e pela qualidade das fibras resultante do processo de extração.

O uso integral dos produtos produzidos no campo tem sido uma preocupação no modelo de produção que se propõe a ser sustentável. A maximização dos lucros em detrimento da minimização dos custos de produção também está no centro da produção de agrocombustíveis. O biodiesel de algumas espécies, embora apresente alta qualidade, não consegue competir economicamente com o petrodiesel (KNOTHE *et al.*, 2006). Nesse contexto, o uso integral das matérias primas barateia o custo dos óleos e cria a amplificação dos produtos gerados pelos agricultores.

Abdalla *et al.* (2008) investigaram o potencial da torta, resultante da extração de óleos e gorduras de algumas oleaginosas, para o consumo animal. Perceberam que o valor proteico dessas estruturas era bastante elevado, tornando viável seu uso. Advertem, contudo, que algumas espécies apresentam tortas tóxicas para alguns animais necessitando o emprego de pré tratamentos, antes da incorporação na dinâmica alimentar. Considerando que o semiárido nordestino consolidou-se como área de criação de animais, tais perspectivas produtivas de aproveitamento produtivo caminham no sentido de garantir autonomia aos grupos humanos que corriqueiramente enfrentam a escassez de alimento para o rebanho.

Ainda considerando o trabalho desenvolvido por Abdalla e seus colaboradores (2008), observa-se que estes autores, ao elencarem onze espécies com produção difundida no Brasil, consideraram seis delas com produção instalada no Nordeste, mostrando a inserção desta região no contexto nacional. O que chama a atenção nessa apresentação é que apenas duas das seis espécies são endêmicas dessa região. Tal fato torna ululante o perigoso percurso percorrido pela produção nacional, ao subutilizar o alto potencial endêmico de espécies oleaginosas.

Lichston e Moreira (2016) ao discutir o potencial do Nordeste brasileiro para a produção de biocombustíveis apresenta nove espécies com alto potencial produtivo na região.

Contudo, dessas apenas três são endêmicas ao semiárido. A despeito de qualquer discussão que justifique tal direcionamento, por questões de ausência de potencial, Menezes *et al.* (2010) indicam um total de 13 espécies oleaginosas cultivadas e/ou exploradas comercialmente no estado de Pernambuco, das quais apenas duas ocorrem naturalmente na região semiárida (Buriti - *Mauritia flexiosa*; Pequi - *Caryocar coriaceum* e *C. brasiliense*). No mesmo trabalho, os autores apresentam um volume maior de espécies endêmicas no estado (7 espécies), contudo destacam que tais espécies não são exploradas comercialmente. Diante do fato do Buriti e do Pequi, embora explorados, não sejam cultivados, apresentando ocorrência natural, atualmente o Caju (*Anacardium occidentale*) é a única espécie endêmica de oleaginosa cultivada para fins comerciais. Um problema adicional a este fato é que pelas características de alto valor agregado da amêndoia e do óleo, tal espécie não se apresenta viável para a produção de biodiesel.

Ao observarmos conjuntamente os trabalhos já discutidos de Abdalla (2008), Menezes *et al.* (2010) e Lichston e Moreira (2016), perceberemos que ao apresentarem espécies típicas do semiárido, com alto potencial oleaginoso, há uma tendência a indicação de espécies de palmeiras, diante de seu alto teor oleífero e sua alta resistência às condições de aridez.

Pertencente a família das Arecaceae as palmeiras ganham bastante destaque por serem plantas bastante resistentes às condições semiáridas e apresentarem-se como plantas oleaginosas perenes num contexto tão severo. O uso desses organismos é bastante difundido pela ampla oferta de material, como cera, óleos, fibras, alimentos etc., de um único indivíduo (PIVETTA *et al.*, 2005).

É nesse contexto que investigações com o objetivo de verificar o desenvolvimento dessas espécies em ambientes degradados ganham projeção num cenário de crescente demanda por matéria prima de combustíveis biodegradáveis, oriundos de espécies endêmicas de regiões socioeconômica vulneráveis como o semiárido brasileiro.

2.7 LICURI (*SYAGRUS CORONATA*): CARACTERÍSTICAS E POTENCIAL OLEAGINOSO

O licuri é uma palmeira da família das Arecaceae, endêmica do Nordeste brasileiro, com ocorrência geográfica a partir do leste do rio São Francisco (nos estados da Alagoas, Sergipe, Pernambuco e Bahia) com ocorrência no norte de Minas Gerais (AROUCHA; AROUCHA, 2013). Essa espécie tem afinidade por terras secas e solos bem drenados, desenvolvendo-se, contudo, tanto em solos férteis e profundos quanto em solos rasos e mais pobres, não tolerando encharcamento (DRUMOND, 2007).

Devido ao amplo uso por populações tradicionais, há uma diversidade de nomes atribuídos a esta espécie. Pelo menos 36 nomes populares já foram reportados:adicuri, alicuri, aracui, aracuri, aribury, aricui, aricuí, aricuri, ariri, aruuri, butiá, butua, cabeçudo, coco-cabeçudo, coqueiro-aracuri, coqueiro-cabeçudo, coqueiro-dicori, coqueiro-dicuri, dicori, dicuri, iricuri, licuri, Iicurizeiro, nicori, nicori-iba, nicuri, nicury, oricuri, ouricurizeiro, uricuri, uricuriba, uricurti, uriricuri, urucuri, urucuriiba e ururucuri (AROUCHA; AROUCHA, 2013)

Os indivíduos adultos dessa palmeira possuem entre 8 e 11 metros de altura, apresentando cachos que podem medir até 40 cm e até 1.350 coquinhos, cada (LINS; AROUCHA, 2013; DRUMOND, 2007). Há um amplo aproveitamento das partes do licuri, desde a extração de óleo das amêndoas até uso das folhas para a confecção de artesanatos, usando-se folhas, caule e frutos para os mais diversos fins.

Figura 4: Indivíduo adulto de *Syagrus coronata* - licuri, e a cacho com frutos verdes.



Fonte: AROUCHA e AROUCHA, 2013.

Para entender as relações traçadas entre essa espécie e os grupos humanos que habitam o semiárido nordestino, Rufino *et al.* (2008) investigaram a contribuição do licuri e do babaçu (*Orbignya phalerata*), considerando se tratarem de duas espécies nativas de uso amplamente difundido. Para chegar aos resultados apresentados os autores consideraram o número de uso reportado para a espécie, o número de informações apresentadas pelos entrevistados e o grau de consenso entre as diversas entrevistas sobre os benefícios informados. Por fim concluíram que o licuri apresentou maior valor de contribuição para a vida dos sujeitos da pesquisa, sempre que comparado ao impacto causado pelo babaçu.

Embora se tenha, até o momento, dado destaque para os fatores humanos de uso dessa espécie, Aroucha e Aroucha (2013) advertem que a importância ecológica desse organismo vai além dos usos antrópicos de sua biomassa, sendo, seus frutos, extremamente importantes para espécies de aves e de mamíferos da Caatinga.

A instrução normativa do IBAMA nº 191 de 24 de setembro de 2008, considerando a necessidade de proteção da vida silvestre e destacando a importância ecológica da arara-azul-de-lear (*Anodorhynchus leari*), espécie endêmica do Nordeste brasileiros, e entendendo que o licuri é o principal alimento dessa espécie resolveu proibir o corte de licurizeiros nos Estados de Alagoas, Bahia, Minas Gerais, Pernambuco e Sergipe. A normativa, contudo, permite a exploração sustentável do licuri, desde que não coloque em risco as populações existentes, estimulando a plantação de novos indivíduos e a manutenção da diversidade biológica da caatinga.

Adicionalmente, Castro, Fabricante e Siqueira Filho (2016) ao investigarem a diversidade de epífitas colonizando espécies arbóreas da Caatinga perceberam uma maior diversidade sobre espécimes de licuri que em outras espécies. Tal realidade, segundo os autores, está subsidiada por razões específicas da morfologia da planta que pode oferecer maior suporte ao desenvolvimento de alguns organismos, deixando claro que a diminuição dos indivíduos pode colocar em risco a diversidade biológica de outros grupos biológicos da Caatinga.

Para que os usos econômicos possam se dar de forma continua e estável, o entendimento da química e fisiologia da espécie é fundamental. Crepaldi *et al.* (2016) ao investigarem a composição nutricional dos frutos de *S. coronata* perceberam que eles possuem um potencial calórico muito elevado, sendo capazes de suprir necessidades energéticas da alimentação humana e animal. Ainda indicaram que a composição básica das amêndoas é de lipídios e proteínas. O alto teor lipídico desses frutos garante o fornecimento de ácidos graxos capazes de gerar biodiesel de alta qualidade, ao passo que as proteínas garantirão a torta resultante da extração, características nutricionais suficientes para incrementar a alimentação das criações de animais (GOUVÊA *et al.*, 2016), comuns nos espaços agrários do interior nordestino.

Diante das múltiplas potencialidades apresentadas até o momento é fundamental que se destaque o fato de que a produção de frutos, em larga escala por palmeiras, tem enfrentado problemas no sentido da dominação de técnicas que garantam um desenvolvimento homogêneo. As características de proteção desenvolvidas por essas espécies geram uma irregularidade nos processos germinativos (NASCIMENTO; PEIXOTO; SANTOS, 2000;

DRUMOND, 2007; COSTA; MARCHI, 2008a). Cientes dessas condições pesquisadores têm empreendido estudos para desenvolvimento de técnicas que possam diminuir a irregularidade germinativa de sementes de palmeiras, a exemplo da escarificação química e mecânica (PIVETTA *et al.*, 2005; LOPES *et al.*, 2011, MEDEIROS *et al.*, 2015a), pré-embebecimento em água (BOVI, 1990) e remoção do endocarpo (CARVALHO *et al.*, 2005). Carvalho *et al.* (2005) ao removerem o endocarpo de *S. coronata*, perceberam, contudo, um decaimento na taxa germinativa, provavelmente relacionado à exposição total da semente.

Santos Moura *et al.* (2016) ao observarem a capacidade de germinação, em condições laboratoriais, e a morfologia de sementes de *S. coronata*, perceberam uma irregularidade germinativa observando, também, que o sistema radicular da planta não é composto por uma raiz central mais profunda, mas por um conjunto de raízes que irradiam nas mais distintas direções, ampliando as possibilidades de obtenção de água. Dentre as opções feitas nesse estudo está o uso da vermiculita como substrato germinativo, em detrimento de substrato orgânico, uma vez que o mineral expandido garante uma boa retenção de água e umidade constante para a semente. Esta opção tem sido também a de outros autores (PIVETTA *et al.*, 2005; BATISTA *et al.*, 2011; MARTINS *et al.*, 2012; MEDEIROS *et al.*, 2015a; SANTOS-MOURA *et al.*, 2016) pelo mesmo motivo.

O meio de desenvolvimento da semente é extremamente importante para o sucesso do cultivo. Dificuldades no processo germinativo pode, por exemplo, determinar a viabilidade da produção em larga escala da espécie. Nesse sentido, o desenvolvimento de estudos de germinação *in vitro* buscam homogeneizar a formação de plântulas para o plantio em campo (SPERA *et al.*, 2001; MELO *et al.*, 2001; PEREIRA *et al.*, 2006; SOARES *et al.*, 2011).

Medeiros *et al.* (2015b) ao estudarem o processo de cultivo de embriões zigóticos de *S. coronata*, indicaram o meio de cultura Y₃ como sendo o mais adequado para essa espécie, uma vez que oferece as maiores taxas de sucesso germinativo. Os autores quantificaram as taxas de contaminação e de insucessos na germinação, bem como avaliaram o crescimento dos indivíduos analisados.

Estes estudos surgem num contexto de indicação produtiva da espécie como matéria prima para o desenvolvimento energético. A despeito do que já foi discutido sobre a produção de biocombustíveis e do papel do biodiesel no panorama brasileiro, o licuri tem apresentado características animadoras para a produção de biocombustíveis a partir de seus frutos (BERGMANN *et al.*, 2013). Para tanto, estudos têm sido empreendidos tanto no sentido de caracterizar seu óleo (SALLES *et al.*, 2010; BARBOZA *et al.*, 2012; IHA *et al.*, 2014), como

para estudar formas de baratear e otimizar o processo de extração (TREVIZAM; CORREIA; DUARTE, 2014; SANTOS *et al.*, 2014).

Iha *et al.* (2014) ao estudarem as características dos óleos de licuri e de seu biodiesel, observaram um percentual oleaginoso bastante alto (50%), diante de um pH pouco ácido e um alto número de ácidos graxos saturados. Ao avaliar o biodiesel resultante da transesterificação do óleo extraído observaram-se valores de viscosidade cinética, acidez, densidade, resíduos de carbono etc. observando que todos os parâmetros analisados enquadram-se nas determinações da ANP.

La Salles *et al.* (2010) ao considerarem que o óleo de babaçu (*Attalea speciosa*) apresenta elevada qualidade, com características descritas em vasta bibliografia, buscaram comparar o biodiesel oriundo dessa espécie com o biodiesel de licuri. Perceberam que as características do biodiesel resultantes apresentavam elevada similaridade entre as espécies, atendendo às determinações da ANP, apresentando-se como potencial combustível de motores de combustão interna por compressão.

Nesse contexto, ademais de todas as discussões já apresentadas até o momento, parece central entender que o desenvolvimento de uma estrutura produtiva que utilize espécies nativas para a produção agroenergética, demanda estudos tanto no campo das técnicas de germinação como no campo da adaptabilidade de tais espécies às múltiplas realidades dos espaços semiáridos.

2.8 TESTES GERMINATIVOS

A germinação pode ser descrita como uma série de processos de desenvolvimento do embrião vegetal, que culminam com a emissão da radícula ou das estruturas essenciais do embrião, dando origem a uma plântula e que em condições favoráveis de campo originam uma planta normal (BRASIL, 2009). Neste sentido, é a retomada do desenvolvimento embrionário, interrompido na fase de maturação da semente, que determina o início da fase de germinação (CARVALHO, 2000), sendo, portanto, a fase de protusão radicular o indicativo final desse estágio e início do estágio de desenvolvimento da plântula. Carvalho (2000) indica que o início dessa fase se caracteriza pela absorção de água pelo embrião, seguido da ampliação da respiração.

Os testes de germinação são geralmente empreendidos com o objetivo de conhecer a morfologia germinativa e/ou desenvolver técnicas capazes de melhorar as condições produtivas de diversas espécies. Tais testes apresentam, contudo, limitações de ordem prática,

como o tempo de germinação, o tamanho das sementes e os tipos de processos necessários, tanto para germinação *in vitro* como *in vivo*.

Tigre (2014), discutindo o estudo dos processos germinativos indica ser interessante o uso de espécies que apresentem ciclos temporais curtos, permitindo assim uma observação direta dos processos em tempo hábil para a aplicação de réplicas e retestes. Duke e Duyan (2006) consideram que a velocidade de germinação é a principal característica para a seleção de espécies em estudos germinativos.

Nem todas as espécies apresentam condições e tempo ideal para testes germinativos, contudo é fundamental seu estudo e seu conhecimento. Nesse sentido, a validação de testes desenvolvidos com grupos que apresentem irregularidade, pode ser feita utilizando outras espécies, com processos germinativos amplamente conhecidos, resguardando-se o entendimento de que a morfologia das plantas é distinta e, por este motivo, necessitam de cuidados, buscando observar tendências de desenvolvimento diante das condições estudadas.

Tigre (2009) destaca que o tomate (*Lycopersicon esculentum*) e o alface (*Lactuca sativa*) são espécies indicadas para testes de germinação. Na presença de uma ampla bibliografia que descreve suas condições morfológicas e suas estruturas germinativas (HERNÁNDEZ-HERRERA *et al.*, 2014; FERREIRA; AQUILA, 2000; ROSADO *et al.*, 2009), tais espécies permitem observações qualificadas sobre variações morfológicas diante das condições estudadas.

Estudos têm indicado que o tomate, na ausência de condições adversas, tem apresentado alto nível de germinação (SHALHEVET; YARON, 1973; BAGAYOKO, 2012; SING; SASTRY; SINGH, 2012), bem como diante de altas taxas de salinidade tem apresentado elevada sensibilidade (MEDEIROS *et al.*, 2012). Espécies como *Lactuca sativa*, *Lycopersicon esculentum* e *Cucumis sativus* são consideradas plantas indicadoras de atividade alelopática (TIGRE, 2009) mostrando-se úteis para investigações científicas diversas.

Bohm *et al.* (2017) investigaram o desenvolvimento de *L. sativa* em diferentes substratos e perceberam que os tratamentos não diferiam entre si, apresentando, ao final de 20 dias, germinação acima de 95%. Observaram, contudo, incremento de massa seca e úmida e, que o crescimento radicular apresentou diferenciação de acordo com o substrato utilizado, indicando que a interferência no potencial osmótico e na absorção de nutrientes podem não interferir na germinação das espécies, mas podem gerar diferenciações no desenvolvimento das estruturas das plantas.

L. esculentum por sua vez tem apresentado alta sensibilidade a salinidade (SHALHEVET; YARON, 1973; MEDEIROS *et al.*, 2012). Kaveh et al. (2011) observaram

que sementes de tomate submetidas a estresse salino apresentam uma redução nos percentuais germinativos, em detrimento da elevação nos níveis de NaCl. Singh, Sastry e Singh (2012) perceberam a mesma tendência.

Por se tratar de uma espécie endêmica do continente americano, o tomate tem ampla distribuição na América do Sul, com ocorrência natural em ambientes áridos no Chile e no Peru (ARCE, 2013). Riquelme-Garcés *et al.* (2013) indicam que a produção de tomate e de hortaliças no deserto do Atacama tem sido bastante importante para o abastecimento da região central do país no inverno. Tal realidade permite a conclusão de que embora sensível o tomate tem apresentado ampla distribuição nos mais variados ambiente.

Nesse sentido considera-se bastante pertinente o uso dessas espécies para validação de investigações concernentes ao desenvolvimento germinativo em substratos salinizados, buscando melhor compreender os efeitos do sódio na estrutura germinativa de alguns vegetais.

2.9 LÍQUEN

Inseridos no reino Fungi, mesmo tendo sua estrutura formada a partir de uma associação simbiótica entre fungos e algas (e/ou cianobactérias), os liquens ainda podem ser nomeados de fungos liquenizados (MAZZITELLI *et al.*, 2006). Tal nomenclatura se fundamenta no fato da constituição estrutural da espécie guardar uma proporção de mais de 95% do micobionte (fungo) diante 5% do fotobionte (alga e/ou cianobactéria). Aproximadamente 20% das espécies de fungos, hoje conhecidas, encontram-se de alguma forma associadas a um fotobionte (MARCELLI, 2006).

A interação alga (e/ou cianobactéria) fungo, permite à estrutura a colonização de diversos ambientes (MARCELLI, 2006). Dessa interação surgem as condições básicas de sobrevivência, uma vez que a alga (photobionte) garante, por meio da fotossíntese, nutrição para o fungo (micobiote), que, por sua vez, para garantir a produção metabólica desenvolve estruturas que garantem a estabilidade da associação. Assim pode-se dizer que fungos liquenizados são estruturas nutricionalmente especializadas que derivam carbono fixado por algas verdes e/ou cianobactérias (MACIAŁ-DORSZYŃSKA; WĘGRZYN; GUZOW-KRZEMIŃSKA, 2014). Dessa interação photobionte/micobionte surgem diversos compostos, alguns exclusivos da associação, outros comuns a outros organismos (NASH, 2008).

Historicamente os liquens têm apresentado diversas funcionalidades nas atividades humanas. O emprego de técnicas de tingimento de tecidos, por exemplo, a partir de ácidos

liquênicos já é registrado há cerca de 2.000 anos (MALDONADO; IBARRA, 2006). Populações tradicionais da América andina fazem uso de espécies do gênero *Usnea* até hoje, para colorir tecidos de lã de alpaca, ovelha etc.. Espécies de *Cladonia*, *Evernia*, *Parmelia*, *Peltigera*, *Perturaria* e *Roccella* já foram registradas como bons purgantes, antidiarreicos, antitérmicos e até antiepiléticos (ILLANA-ESTEBAN, 2012). Adicionalmente, aplicações na área de cosméticos, enxaguantes bucais, perfumaria (INGÓLFSDÓTTIR, 2002) e até desenvolvimento de cremes dentais com poder antibacteriano (GRASSO; GHIRARDI; GHIONE, 1989) já foram registradas na literatura.

As diversas cores observadas nos talos liquênicos são oriundas da cristalização dos seus metabólitos secundários, também chamados de ácidos liquênicos ou substâncias liquênicas (ILLANA-ESTEBAN, 2012), que ao se depositarem sobre o talo desenvolvem a função de proteção da estrutura liquênica. Dentre os diversos ácidos descritos para as variadas espécies já catalogadas, o ácido úsnico é o mais estudado (INGÓLFSDÓTTIR, 2002). Derivado do floroglucinol é produzido por várias espécies de liquens, e apresenta uma coloração amarelo-esverdeado. Em vez de compartmentalizado nas células fúngicas esse ácido é depositado, na forma de cristais, na superfície das hifas (HONEGGER, 1986).

Encontrado exclusivamente em espécies de liquens, o ácido úsnico foi descrito nos gêneros *Cladonia* (Cladoniaceae), *Usnea* (Usneaceae), *Lecanora* (Lecanoraceae), *Ramalina* (Ramalinaceae), *Evernia*, *Parmelia* (Parmeliaceae) etc., sendo um dos poucos compostos liquênicos disponíveis comercialmente, na atualidade (INGÓLFSDÓTTIR, 2002). Até o momento, há registros de utilização deste ácido como agente antioxidante, antiproliferativo, antimicrobiano e antiprotozoário, larvicida e inseticida, antifúngico, antiviral, algicida, antiinflamatório, analgésico e antipirético. Efeitos adversos, para o corpo humano, também foram associados ao uso desse ácido, especialmente diante de super dosagem, destacando-se a hepatotoxicidade, genotoxicidade, alergenicidade, efeitos colaterais no sistema cardiovascular e adipócitos do tecido adiposo (ALAHMADI, 2017).

A toxicidade do ácido úsnico, quando controlada na dosagem administrada, tem sido utilizada para combater infecções por parasitas em aves (GUVEN *et al.*, 2016), inibir o desenvolvimento de larvas que infestam feijão armazenado (MONTE, 2012), e agir como antibiótico (RIBEIRO *et al.*, 2006; MACIAG-DORSZYŃSK; WEGRZIN; GUZON-KRZEMIŃSKA, 2014 MOURA *et al.*, 2017) sobre algumas bactérias.

Os efeitos alelopáticos dos ácidos liquênicos têm sido estudados por diversos autores (BROWN; MIKOLA, 1974; CARDARELLI *et al.*, 1997; SEDIA; EHRENFELD, 2003) a fim de entender a ação das substâncias liquênicas sobre a germinação e o crescimento de outros

organismos, dada sua fundamental importância no processo de sucessão ecológica. A este respeito Sedia e Ehrenfeld (2003) observaram que áreas acometidas de incêndios naturais que passavam por povoamento de populações de liquens e de musgos, demoravam longos períodos para desenvolverem forófitos permanentes. Os autores, ao refletirem sobre os fatos geradores de tais condições, concluíram que os ácidos líquenicos ao serem lixiviados para o solo pelas chuvas, inibiam o desenvolvimento de algumas sementes.

Cardarelli *et al.* (1997) ao estudarem as propriedades do ácido úsnico, percebeu que embora tenha um forte efeito inibidor de desenvolvimento celular, quando administrado em baixas quantidades, pode funcionar como um estimulante do crescimento celular. Tigre *et al.* (2015) ao investigarem o efeito alelopático dos ácidos líquenicos de *Cladonia verticillaris* perceberam um aumento no comprimento das raízes de *L. sativa* (alface), indicando estímulo produtivo na espécie. Lechowski, Mej e Bialczyk (2005) investigaram a resposta do tomate (*L. esculentum*) a adição de ácido úsnico ao seu meio de crescimento, concluindo, ao final da perquisição, que o incremento progressivo do ácido inibe o desenvolvimento da planta, gerando decréscimo considerável no diâmetro das raízes, no peso específico e na área foliar.

Assim, diante das variações quanto a capacidade dos organismos de resistirem aos ácidos líquenicos, ora aumentando suas estruturas e ora retraindo-as, é fundamental o empreendimento de estudos que observem o comportamento das mais variadas espécies diante desses estímulos químicos presentes na natureza.

MATERIAL E MÉTODOS

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 OBTEÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Para obtenção dos dados de produção agrícola do Estado de Pernambuco foi utilizado como fonte o Sistema de Recuperação Automática (SIDRA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O ano base para a caracterização atual da produção agrícola do estado foi 2016, considerando-se a disponibilidade de dados mais recentes. Para a caracterização dos municípios inseridos na região semiárida foi utilizada a delimitação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) publicada no ano de 2017.

As informações concernentes às unidades de produção, bem como das cooperativas agrícolas que atuam no Estado, foram conseguidas junto ao Ministério do Desenvolvimento Agrário. Informações sobre a produção de combustíveis e das unidades produtoras foram obtidas junto à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

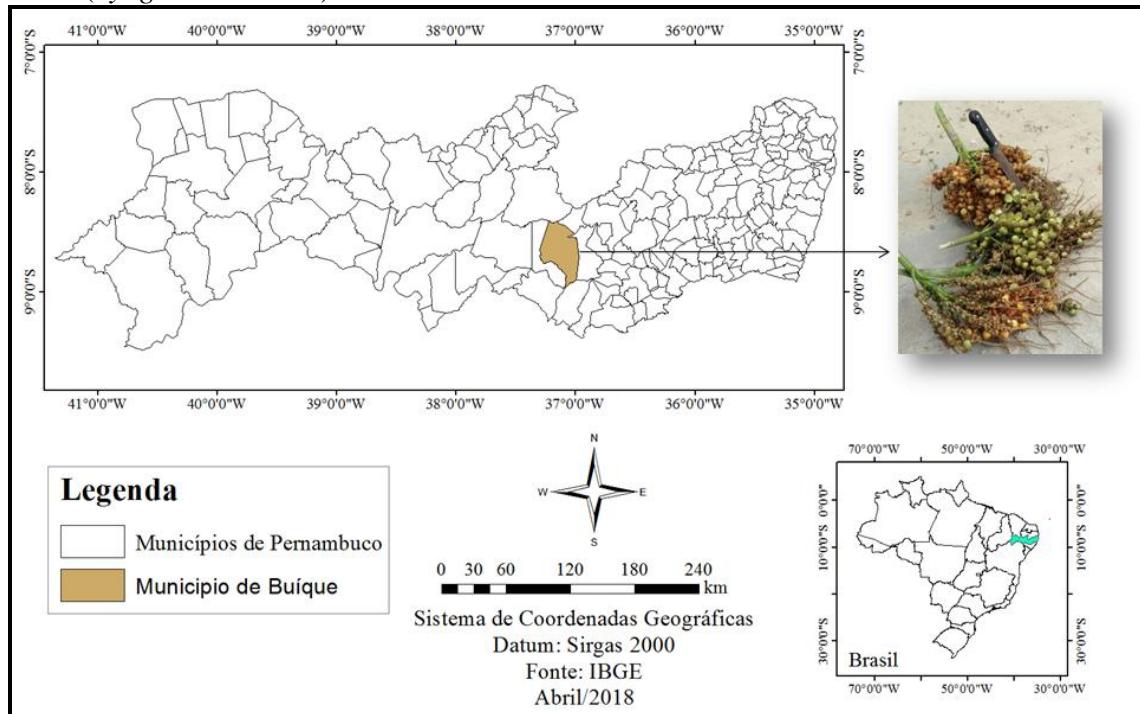
Os conjuntos dos dados secundários obtidos foram trabalhados em programa Microsoft® Office Excel de edição de planilhas e permitiram a caracterização da produção agrícola do Estado ao longo dos últimos 18 anos. Mapas síntese, para localização dos municípios produtores e sua correlação com unidades produtoras de biodiesel, foram elaborados utilizando-se o programa ArcGis® versão 9.1, com licença concedida pelo Departamento de Ciências Geográficas (DCG) da UFPE.

3.2 COLETA DE SEMENTES DE LICURI (*Syagrus coronata*)

A sementes foram coletadas no município de Buíque (sob as coordenadas geográficas de 08° 37' 23" S e 37° 09' 21" W), no Estado de Pernambuco (Brasil), Mesorregião do Agreste Pernambucano, altitude aproximada de 800 m. O município insere-se na região semiárida brasileira e possui clima predominante BShs', segundo a classificação de Köppen, com chuvas de inverno, onde predomina terreno ígneo e metamórfico do pré-Cambriano, e com porção NW sobre terrenos sedimentares do Siluro-Devoniano (CPRM, 2005a; ANDRADE, 2003).

Foram coletadas sementes de indivíduos adultos, que apresentavam cachos com amadurecimento aparente (coloração amarelo-avermelhada) dos frutos em localidade que permitisse a coleta, entre os meses de abril e maio de 2017. Os cachos (figura 5) foram acondicionados em saco plásticos (HOLANDA *et al.*, 2011), mantidos abertos para evitar a proliferação de fungos, e levados ao Laboratório de Geografia Ambiental (LAGEAM) na Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, e ao Laboratório de Pesquisas Aplicadas a Biofábrica (LAPAB) no Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste - CETENE.

Figura 5 - Localização de Buique, Pernambuco (Brasil), município de coleta de sementes de licuri (*Syagrus coronata*).



Fonte: IBGE. Autor: Iwelton Pereira

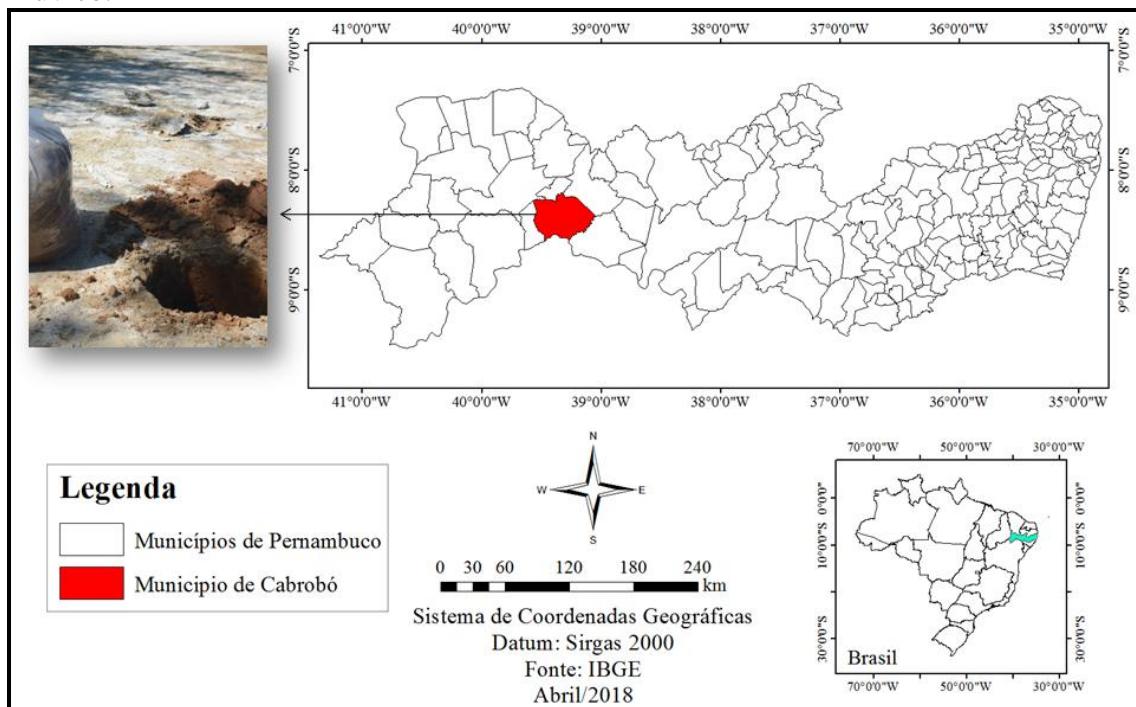
Os frutos ficaram em laboratório por sete dias e foram lavados sob água corrente para remoção manual do mesocarpo e epicarpo (polpa), e foram higienizados com sabão neutro (HOULOU *et al.*, 2014; BONETTI, 2015). Após a remoção da polpa, os pirêniros foram deixados para secar em bandejas plásticas à temperatura ambiente ($28^{\circ}\text{C} \pm 3$), por 48 h (CARVALHO *et al.*, 2005). Após a aplicação desse pré tratamento os grupos de sementes, levados a laboratórios distintos, passaram por processos de germinação e procedimentos diferenciados.

3.3 COLETA DO SOLO

O solo selecionado para o estudo foi o Neossolo Flúvico, coletado no município de Cabrobó (localizado sob as coordenadas geográficas $08^{\circ}30'43''\text{S}$ e $39^{\circ}18'24''\text{W}$), mesorregião do São Francisco, no Estado de Pernambuco, Brasil (figura 6). A sede do Município está localizada a uma altitude média de 325 metros, e tem o rio São Francisco, importante corpo hídrico do Nordeste brasileiro, margeando parte de seu território (CPRH, 2005b). Dotado de um clima BShw, semiárido quente com chuvas de verão, segundo a classificação de Köppen (ANDRADE, 2003), localiza-se na região semiárida brasileira, apresentando médias pluviométricas anuais de 431,8 mm (CPRH, 2005b). Na ilha de Assunção, região insular

fluvial pertencente ao município, é desenvolvida forte atividade agrícola. A ilha foi utilizada como ponto de coleta dos solos controle ocorrentes em áreas com vegetação natural de Caatinga (não utilizados para agricultura) e salinizados (submetidos a intensa atividade agrícola pretérita, e abandonados por sua infertilidade), com ocorrência de altos níveis de salinidade (11 cmolc/dm^3 de Na^+).

Figura 6 - Localização de Cabrobó, Pernambuco (Brasil), município de coleta do Neossolo Flúvico.



Fonte: IBGE. Autor: Iwelton Pereira, 2018.

Os Neossolos Flúvicos (EMBRAPA, 2006) são formados por deposição de sedimentos oriundos do carreamento de sedimentos dos rios (nesse caso o São Francisco). Esse solo apresenta baixo desenvolvimento pedogenético e alta concentração de argilas, o que acaba por intensificar sua baixa capacidade de drenagem.

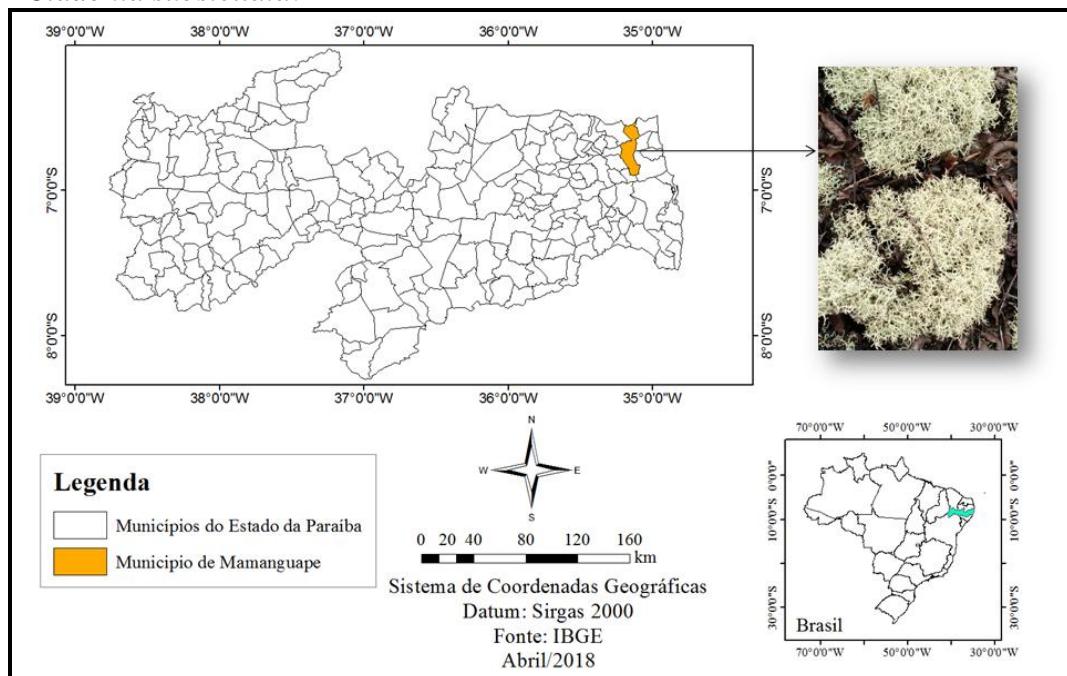
A coleta foi realizada utilizando o método de amostragem composta, a partir da junção de 20 amostras simples coletadas em cada um dos dois pontos de obtenção de material (ACQUA, 2013). Dentro dos pontos de coleta foram delimitadas áreas de 100 m x 100 m, onde foram selecionados, aleatoriamente, pontos em ziguezague (ARRUDA *et al.*, 2014; FILIZOLA, 2006). Cada amostra possuía, em média, cinco quilos retirados à profundidade de 0 a 20 cm.

O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos (ARRUDA *et al.*, 2014) e levado ao Laboratório de Geografia Ambiental (LAGEAM) da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, onde foi deixado para secar à temperatura ambiente ($28^{\circ}\text{C} \pm 3$). Posteriormente peneirado para homogeneizar a granulometria (ACQUA, 2013). Em seguida as amostras foram destorroadas, e separadas em porções de 500 g (cada). Uma dessas amostras foi enviada para análise de fertilidade (Calcio - Ca, Magnésio - Mg, Sódio - Na, Fósforo - P, Potássio - K, Alunínio - Al, Hidrogênio - H, e pH em água) no Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), a fim de determinar as características químicas. As demais foram utilizadas para os experimentos.

3.4 COLETA E OBTENÇÃO DO EXTRATO LIQUÊNICO DE *Cladonia substellata*

O líquen *C. substellata* foi coletado no município de Mamanguape - PB (figura 7), às margens da BR - 101, nas proximidades da Reserva Biológica Guaribas, sob as coordenadas $06^{\circ} 42' 42,4''\text{S}$ e $35^{\circ} 07' 07,0''\text{W}$. Localizado sobre tabuleiros costeiros, o ponto de coleta encontra-se inserido em localidades com forte presença de manchas de cerrado edáfico com solos do tipo Neossolos Quartzarênico (EMBRAPA, 2006). A tipologia climática dessa região, segundo Köppen, é As', o que indica ser um ambiente tropical chuvoso com estação seca no verão e chuvas de outono inverno.

Figura 7 - Localização do município de Mamanguape, Paraíba (Brasil), área de coleta do líquen *Cladonia substellata*.



Fonte: IBGE. Autor: Iwelton Pereira, 2018.

Descrito pela primeira vez por Vainio em 1887, o líquen *C. substellata* é encontrado sobre solos arenosos, em manchas de cerrado edáfico existentes Tabuleiros de Interior e Costeiro do Nordeste (PEREIRA, 1998; BARBOSA, 2009; 2014). Tem como substância majoritária o ácido úsnico (98,1%) (AHTI et al., 1993), que apresenta coloração verde-amarelada e, segundo Ingólfssdóttir (2002), é uma das substâncias mais estudadas na química de liquens.

O talo coletado foi levado ao Laboratório de Geografia Ambiental (LAGEAM) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), deixado para secar à temperatura ambiente ($28^{\circ}\text{C} \pm 2$) e posteriormente limpo a fim de remover materiais aderidos (folhas, galhos etc.). Após a limpeza três amostras de 20 mg do talo de *C. substellata* foram maceradas e depositadas em erlenmeyer acrescidos 60 mL de éter etílico. Esse material ficou em mesa agitadora por uma hora, sendo posteriormente filtrado e depositado em balão de fundo redondo, acoplado em evaporador rotativo com banho-Maria, a 40°C , até evaporação total do solvente. O extrato retido no balão foi transferido para tubo de vidro e mantido em dessecador até peso constante. Esses procedimentos foram repetidos até a extração total de substâncias nas amostras.

Para confirmação da presença do ácido úsnico no extrato etéreo, parte do extrato foi submetido a cromatografia em camada delgada (CCD). Outra amostra foi submetida a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), no Laboratório de Produtos Naturais do Centro de Biociências da UFPE. Em ambas análises foi usado o ácido úsnico Merck® como padrão.

3.5 GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE LICURI (*Syagrus coronata*)

Os pirêniros pré tratados, conforme descrito no item 3.1, foram submetidos a escarificação mecânica, lateral, utilizando uma lixa Massa comercial, para madeira, número 60, virgem, até que o endosperma se tornasse visível.

As estruturas escarificadas foram depositadas em cúpulas plásticas sobre 4 tipos de substratos (S):

S1 - Vermiculita (100g)

S2 - Solo Salinizado (500g) + Vermiculita (50g)

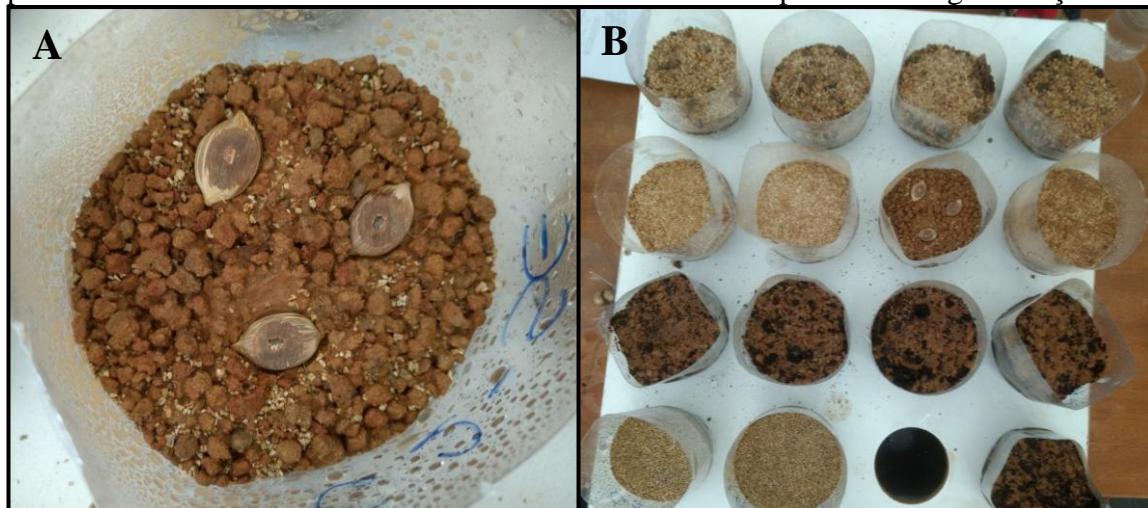
S3 - Solo Salinizado (500g) + Matéria orgânica (50g)

S4 - Solo Salinizado (475g) + Vermiculita (25g) + Matéria Orgânica (50g)

Os pirêniros foram depositados no substrato a dois centímetros de profundidade (SANTOS-MOURA et al., 2016), com a parte escarificada para cima, facilitando a penetração da água e umidificação da semente (figura 8). Foram adicionadas três sementes por cúpula

com uma distância de aproximadamente cinco centímetros entre elas. Cada substrato contou com 4 repetições, perfazendo 12 sementes por substrato. No total 48 pirênios (todos escarificados) foram utilizadas durante esta etapa do estudo.

Figura 8 - Pirênios escarificados de licuri (*Syagrus coronata*) depositados em cúpulas de plástico contendo solo salinizado adicionado de vermiculita para teste de germinação.



Legenda : A - sementes de *S. coronata* depositadas sobre solo + vermiculita. B- cúpulas de plástico em processo de organização para teste de germinação em de *S. coronata*.

Foto: Iwelton Pereira, 2017

Diariamente, após a montagem do experimento, as cúpulas foram regadas com 20 mL de água potável, por aspersão, utilizando-se borrifadores manuais. Os borrifos seguiram até completar 200 dias, pós experimento, quando as plantulas não emergidas foram retiradas do substrato para observação da existência ou não de protusão da radícula, para determinar se o processo de germinação se efetivou (CARVALHO *et al.*, 2005).

3.6 GERMINAÇÃO IN VITRO DE SEMENTES DE LICURI (*Syagrus. coronata*)

Todo o processo de germinação *in vitro* das sementes de *S. coronata* foi realizado no laboratório de Pesquisas Aplicadas a Biofábrica (LAPAB) no Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste - CETENE.

3.6.1 Obtenção dos embriões e tratamento pré-inoculação

Os pirênios pré tratados, já sem mesocarpo e epicarpo (figura 9A), foram levados a estufa, a 30 °C por 24 h, para que o endosperma se soltasse do endocarpo com mais facilidade. Uma vez retirados da estufa os pirênios foram levados para bancada onde procedeu-se a remoção do endocarpo.

Para remoção do endocarpo utilizou-se martelo limpo e esterilizado com álcool comercial (70%). As sementes foram resgatadas do endocarpo com cuidado para que o endosperma se mantivesse o mais intacto possível, evitando danos ao embrião (figura 9B).

Figura 9 - Processo de resgate e desinfestação de sementes de *Syagrus coronata* para obtenção de embrião e posterior inoculação em meio de cultura Y3.



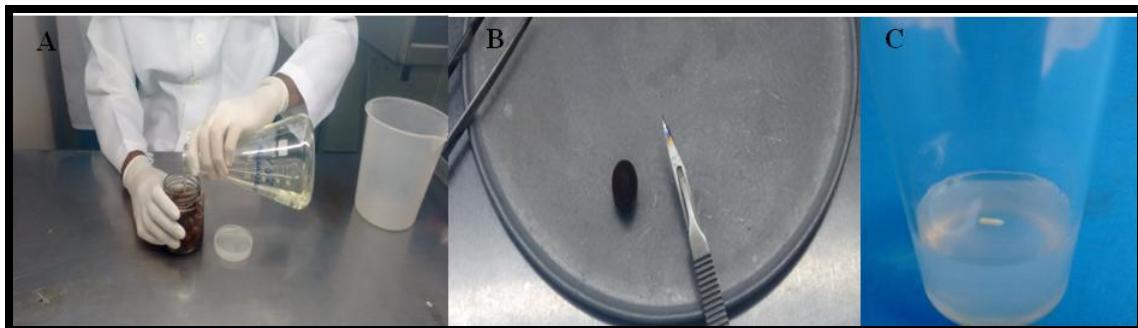
Legenda: A - pirênia de *S. coronata*; B - Semente de *S. coronata* resgatada do endocarpo com auxílio de martelo; C - Sementes de *S. coronata*.

Foto: Gustavo Alves, 2017.

As sementes, após serem retiradas (figura 9C), passaram por processo de desinfestação (figura 10A), seguindo os procedimentos adotados por Houlou *et al.* (2014) e por Bonetti (2015), com sucessiva lavagem em água destilada; imersão por três minutos em álcool comercial (70%), com agitação manual constante; imersão em hipoclorito de sódio comercial (2,5%) por dez minutos, em mesa agitadora; quatro lavagens com águas destilada autoclavada.

Após a desinfestação das sementes, foi realizado o resgate do embrião (Figura 10B), em câmara de fluxo laminar, de forma manual, com auxílio de uma pinça e um bisturi (PEREIRA *et al.*, 2006), ambos devidamente esterilizados. O embrião foi imediatamente inoculado no meio Y3 (figura 10C), sem ser submetido a qualquer tratamento adicional.

Figura 10 - Processo de desinfestação da semente e resgate do embrião de *Syagrus coronata* para inoculação em meio de cultura Y3.



Legenda: A - processo de desinfestação das sementes de *S. coronata*, resgatadas do pirênia; B - Semente de *S. coronata* após desinfestação por hipoclorito de sódio, no momento da remoção do embrião; C - Embrião de *S. coronata* (pequeno fragmento branco ao centro) inoculado em meio de cultura Y3.

Foto: Gustavo Alves, 2017.

3.6.2 Preparação do meio de cultura e inoculação

O meio Y3 (EEUWENS, 1976), composto por macro e micronutrientes, ágar ($6,0 \text{ gL}^{-1}$) e sacarose ($30,0 \text{ gL}^{-1}$), não foi suplementado com nenhum tipo de antibiótico ou antimicótico, a fim de avaliar a possível ação do extrato liquênico nesse sentido. O valor de pH foi ajustado para 5,8 e autoclavado (121°C por 20 min). O meio (10 mL) foi depositado em tubos de ensaio e os embriões foram inoculados e mantidos em sala de crescimento com fotoperíodo de 16h, controle de luz ($40 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e temperatura ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$). Os tubos passaram por rotação periódica de posição na estante.

Considerando-se que o explante absorve todos os nutrientes disponíveis no meio de cultura, a cada 30 dias, o meio foi renovado, sendo o explante removido dos meios empobrecidos para novos meios de mesma tipologia.

3.6.2.1 Determinação dos grupos tratados com extrato liquênico

Nesse contexto, extrato de *Cladonia substellata* (líquen) foi adicionado a dois grupos de meio de cultura Y3 com embriões de *S. coronata* (Arecaceae), em estágios distintos de desenvolvimento (germinados e não germinados), com o objetivo de observar possíveis interferência no desenvolvimento dos explantes.

O extrato de *C. substellata* foi diluído a uma concentração final de 100 mg/L, em Dimetilsulfóxido (DMSO) em câmara de fluxo laminar, onde 25 mg de extrato liquênico foram diluídos em 20 mL de DMSO e adicionada água deionizada, progressivamente, até a obtenção de um volume de 250 mL. Após a diluição, o material passou por filtragem em filtro Milipore 20 μ com seringa estéril. A partir de então aplicou-se regra de três simples para

determinação dos volumes a serem adicionados nos tratamentos (T), obtendo-se os valores e proporções:

Controle : 0 mL de extrato; T1 : 0,05 mL* de extrato = 0,005 mg**; T2 : 0,1 mL de extrato = 0,01 mg; T3 : 0,2 ml de extrato = 0,02 mg. *Volume da solução, adicionada ao meio de cultura. **Teor de extrato adicionado ao meio de cultura.

As diferentes concentrações de extrato foram testadas com sementes divididas em dois grupos (G) G1: com adição de extrato após a germinação dos embriões e G2: com adição do extrato logo após a inoculação do embrião no meio de cultura. Os dois grupos contaram com quatro tratamentos (um controle e três concentrações). O G1 contou com 40 plântulas e o G2 com 68 embriões.

3.7 CRESCIMENTO EM SOLO SALINIZADO DOS EXPLANTES GERMINADOS DE *Syagrus coronata*

3.7.1 Transplante e montagem do experimento

Espécimes de *S. coronata* germinados *in vitro*, após quatro meses de desenvolvimento em meio de cultura, foram transplantados para sacos de polietileno preto contendo um quilograma de uma mistura de solo e vermiculita na proporção 10:1.

A vermiculita foi utilizada como condicionante de solo para conferir porosidade em face de suas características argilosas, distintas das condições mais arenosas de origem da espécie. As condições neutras da vermiculita, permitiram o desenvolvimento do estudo sem grandes interferências nas características químicas do solo.

Os indivíduos sobreviventes da etapa de germinação *in vitro* do Grupo 2, anteriormente divididos em 4 grupos (tópico 3.4.2.1), foram homogeneizados e divididos aleatoriamente em dois grupos: solo controle e solo salinizado perfazendo um total de 14 indivíduos, em cada tipo de solo (28 mudas no total).

O estudo foi conduzido na estufa do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), com sombreamento a 70%, e irrigação manual diária com água potável (20 mL). Semanalmente as plantas passaram por checagem de desenvolvimento para percepção visual de possíveis danos morfológicos, como modificação na coloração das folhas, necrose, ou aparecimento de fungos.

3.7.2 Análises de desenvolvimento dos indivíduos

Antes do transplante, todos os indivíduos tiveram aferidos, por meio de paquímetro analógico de precisão de 0,5 mm, os comprimentos da raiz (R) e altura (H) e calculada a razão

R/H (MEDEIROS *et al.*, 2015), considerando-se o tamanho da maior folha totalmente estendida. Decorridos 120 dias do transplante, as plantas foram retiradas do solo e passaram pelos procedimentos de medição comprimento de raiz e de folha.

3.8 GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE *Lycopersicon esculentum* E *Lactuca sativa*

Considerando a irregularidade germinativa do licuri, e das dificuldades de obtenção de quantitativos elevados de plantas para acompanhamento do comportamento em solos salinizados do semiárido, sementes de *Lycopersicon esculentum* cv. Calina IPA-07 (tomate) e *Lactuca sativa* cv. Vitória verdinha foram adquiridas junto a Hortivale, empresa de produção comercial de sementes de hortaliças, sediada em Vitória de Santo Antão - PE, com pureza de 99% e taxa germinação de 92%, definidas pelo produtor. As sementes foram levadas ao Laboratório de Pesquisas Aplicadas a Biofábrica (LAPAB) no Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste - CETENE onde foram realizados os ensaios de germinação *in vitro* e em solo.

Os testes de germinação *in vitro* buscaram recriar, de forma controlada, as condições de salinidade presentes no solo coletado em campo (tópico 3.3), considerando a relação Na⁺/K⁺ como principal fator limitador do desenvolvimento inicial da planta (ASSAHA; UEDA; SANEOKA, 2013; FERREIRA-SILVA *et al.*, 2010). Dois grupos receberam a adição de solução contendo sódio e potássio em diferentes concentrações (C e S) e um grupo recebeu apenas água deionizada (B).

O cloreto de sódio (NaCl) foi utilizado para adição de sódio ao meio, uma vez que num contexto global o NaCl é o principal causador da salinidade dos solos (HASEGAWA, 2013). Para fins de homogeneização do procedimento a adição do potássio também foi feita na forma de sal, por meio do cloreto de potássio (KCl), recriando a mesma proporção molar, de K⁺ e de Na⁺, do material pedológico utilizado (tabela 3, tópico 4.2) nos estudos de germinação e crescimento em solo.

Para determinação dos valores de NaCl e KCl a serem adicionados no meio de cultivo, foi considerada a massa molar desses compostos e estimada a massa isolada do Na⁺ e do K⁺, determinada por regra de três simples, os valores (em grama) desses compostos para gerar numa solução em água deionizada uma concentração de 11 cmol./dm³ de Na⁺ (para o tratamento salino) e 0,19 cmol./dm³ de Na⁺ (para o tratamento controle), com respectivos acréscimos de 0,30 cmol./dm³ de K⁺ e 0,22 cmol./dm³ de K⁺.

O experimento contou com um total de 24 placas de Petri, contendo duas folhas de papel filtro, divididas em três grupos com oito placas (cada). Cada grupo recebeu um

tratamento e sustentou o desenvolvimento de 25 sementes (por placa), totalizando 200 sementes/tratamento. O volume de 6 mL de cada solução (controle e salino) foi adicionado de forma homogênea ao papel filtro contido em placas previamente esterilizadas e autoclavadas (120 °C por 20 min). O material foi deixado para secar em camara de fluxo laminar por 24 horas para concentração dos sais contidos na solução (TIGRE, 2015). Decorridas 24 horas foram adicionados às placas 6 mL de água deionizada autoclavada e depositadas 25 sementes/placa. Os tratamentos salinos constaram de oito placas contendo apenas água deionizada (denominado branco ou controle). Após a montagem as placas foram fechadas e envoltas em plástico filme, para manutenção da umidade, sendo posteriormente levadas a câmara de crescimento com temperatura constante de 24 ± 1 °C e fotoperíodo de 16/8 h (claro/escuro) (HERNÁNDEZ-HERRERA *et al.*, 2014). As placas passaram por processo de rotação diária, e foram dispostas aleatoriamente, misturando tratamentos e repetições.

Ao final do periodo de germinação *in vitro* foi determinado o Indice de Velocidade de Germinação (IVG) para determinar possíveis interferência na velocidade de desenvolvimento germinativo das espécies (tomate e alface) (BONFIN *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2002), expresso pelo cálculo:

$$\text{IVG} = (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + (G_3/N_3) + \dots + (G_n/N_n)$$

onde:

IVG = Indice de Velocidade de Germinação.

$G_1, G_2, G_3\dots G_n$ = Número de plântulas normais computadas na contagem.

$N_1, N_2, N_3\dots N_n$ = Numero de dias após a implementação do estudo.

Paralelamente aos testes de germinação *in vitro*, testes germinativos foram desenvolvidos em solo, considerando-se dois tratamentos (Controle e Salinizado) com quatro repetições cada. As amostras de solo foram depositadas em bandejas de germinação contendo 50 células (para *L. sativa*) e 38 células (para *L. esculentum*), de acordo com a disponibilidades das bandejas. Foram adicionadas duas sementes por célula, totalizando 400 sementes para *L. sativa* e 304 sementes para *L. esculentum*. As sementes, foram posteriormente recobertas com 1 centímetro de solo. As bandejas foram colocadas em casa de vegetação do Centro de Tecnologia Estratégicas do Nordeste (CETENE) e irrigadas diariamente com aproximadamente 30 mL de água potável, com irrigadores automáticos. Após sete dias foi realizada a contagem de plântulas aparentes, considerando-as como resultantes de sementes germinadas. Dada a condição de subsuperfície das sementes, não foi possível considerar a protusão radicular como fator determinante de germinação, considerando-se apenas a

emergência da plântula para tal fim. Nesse sentido, considerou-se como não germinadas aquelas cujas plantas não emergiram do solo.

O sucesso germinativo para todas as espécies estudadas foi determinado aferindo-se o percentual de germinação, considerando-se para o processo de germinação *in vitro* a protusão radicular e, para o processo de germinação em solo a emergência da plântula. Para determinar o percentual de germinação (GALDINO *et al.*, 2017) adotou-se a equação:

$$G = (NG/NTS) * 100$$

Onde:

G = Percentual de germinação (%)

NG = Número de semente germinadas após o período estipulado

NTS = Número total de semente utilizadas no teste

Foi também determinada a razão R/H , para todas as plântulas observadas, considerando-se que a relação entre o comprimento radicular e a parte aérea da planta é um indicador de salubridade do espécime observado (SILVA *et al.*, 2012).

$$R_{R/H} = R/H$$

Onde:

$R_{R/H}$ = Razão raiz por altura

R = Comprimento da raiz totalmente estendida

H = Altura da plântula

Todos os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de Bonferroni, em programa GraphPad Prism® versão 5.01. Os testes de significância foram estabelecidos em $p < 0,05$. As médias gerais ainda foram submetidas ao software livre R de tratamento estatístico, para geração de dendogramas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 POTENCIAL PRODUTOR DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO DE ESPÉCIES OLEAGINOSAS APTAS À PRODUÇÃO DE BIODIESEL

O Estado de Pernambuco tem se apresentado historicamente como um importante centro econômico do Nordeste. Aquela que foi uma das mais bem sucedidas capitâncias brasileiras teve na produção agrícola sua estrutura produtiva consolidada. Com o passar do tempo, contudo, perdeu lugar no cenário financeiro/econômico nacional, mantendo uma base produtiva caduca, baseada num modelo fundiário concentrador de renda.

A produção agrícola do Estado encontra-se amplamente concentrada, tendo a cana-de-açúcar como seu principal expoente. No ano de 2016, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a produção de cana correspondeu a 42,5% do valor total de produção do Estado, e 44,7% da área colhida. Comparativamente é possível perceber que a produção total das oleaginosas cultivadas no Estado alcançam apenas 2,9% da área colhida destinada a *commodity* mais tradicional do nordeste brasileiro.

A faixa de produção da cana-de-açúcar é, contudo, bastante restrita, dadas as exigências deste cultivo, limitando-se ao litoral e a zona da mata (salvo raras exceções). Tal realidade gerou um progressivo abandono (econômico) das regiões agrestes do oeste do Estado, permitindo a existência de uma concentração financeira ao leste, geradora de espaços de miséria e degradação social.

As condições naturais de escassez hídrica e a severidade climática, presentes no semiárido nordestino criam condições adversas à produção agrícola tradicional e inviabiliza a produção de grande porte. A despeito desta realidade, o sertão do Brasil é a região semiárida mais habitada do mundo (AB'SABER, 2003) e, diferente do que é observado em outros espaços de mesma tipologia climática, essa população não está concentrada em zonas de exceção, mas, difusamente situada nos espaços agrestes, perpetuando formas de ocupação diversas.

Essa difusa ocupação exige, do Estado, ações de planejamento estratégico que utilizem as potencialidades locais como vetores de desenvolvimento e agentes mitigadores das desigualdades sociais vigentes. Contudo, para que essas ações ocorram de forma efetiva o desenvolvimento deve partir de uma perspectiva endógena, baseada na participação ativa dos sujeitos e na preservação das condições ambientais circundantes ao grupo social (OLIVEIRA; ABREU, 2011). Caso se considere a realidade ocupacional do semiárido pernambucano perceberemos que os usos econômicos, quando feitos de forma a gerar lucro, são produtores

de externalidades, desconexos com as condições locais. A fruticultura irrigada nas margens do rio São Francisco, na microrregião de Petrolina nos apresenta uma realidade que se confrontada com o conceito de circulação desnecessária, discutido por Santos e Silveira (2003), gera o que pode se chamar de produção desnecessária, baseada unicamente nas demandas externas ao espaço.

O desenvolvimento endógeno nesse sentido precisa considerar as potencialidades existentes não como reserva de recursos, a serem exploradas por agentes econômicos estranhos ao *locus* de produção, mas como vocação inerente aos grupos que assistem nesses espaços e que com eles se relacionam tirando dali seu sustento. Somente nessa perspectiva qualquer reflexão sobre o que se nomeia contemporaneamente de "desenvolvimento sustentável" será possível.

Nesse sentido parece fundante na ideia aqui apresentada, a ação inerente do Estado como agente indutor dos vetores econômicos capazes de modificar o *status quo*. Porém, para que seja possível uma ação qualificada é fundamental entender como se apresentam espacialmente distribuídos os arranjos produtivos e como a região semiárida se insere na economia do Estado. A partir de então é possível pensar formas de inserção das populações residentes em sistemas produtivos de maior impacto, como a produção bioenergética.

Qualquer discussão bioenergética, contudo, precisa considerar que a produção de matéria prima, assim como a instalação das unidades processadoras, precisa estar distribuída no território de forma a garantir uma oferta perene, em detrimento do consumo linear pretendido. Assim, buscou-se, na primeira etapa desta pesquisa, investigar como está espacializada a produção de oleaginosas no Estado de Pernambuco e como esta alinha-se com as unidades produtoras de biodiesel. Compreende-se, dessa forma, que a partir desse entendimento será possível subsidiar um direcionamento produtivo a partir das vocações naturais da região.

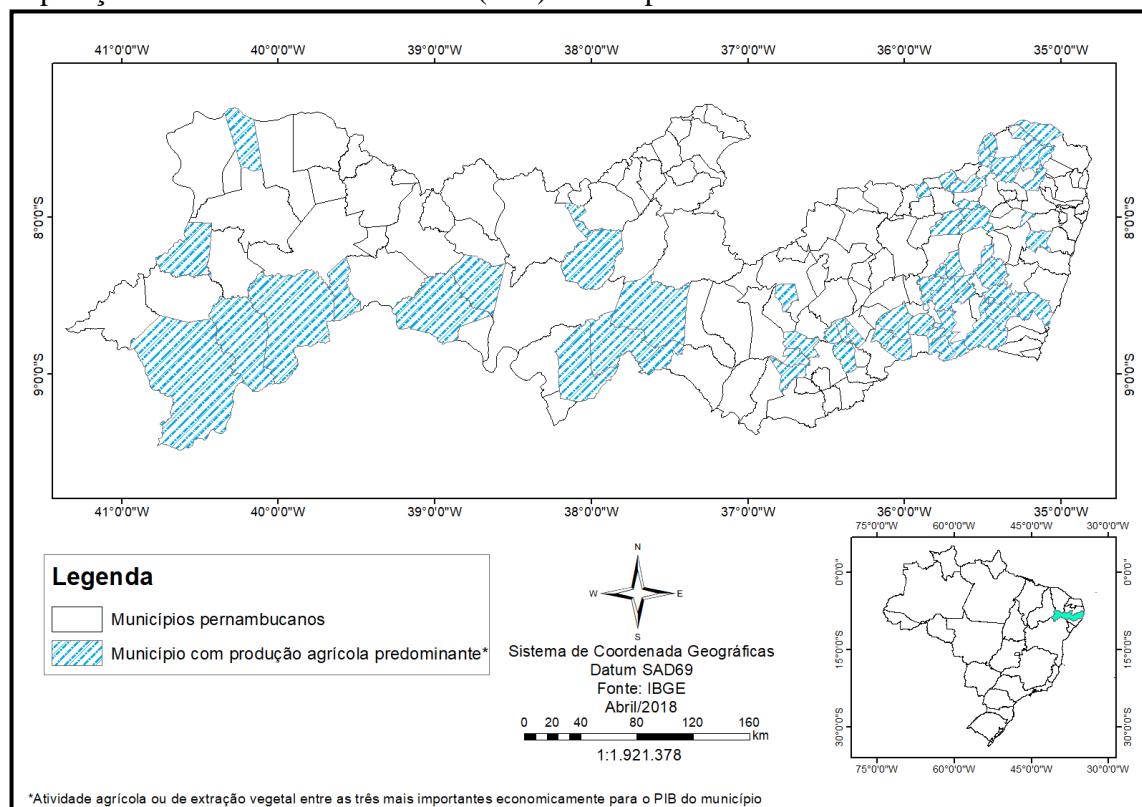
4.1.1 Produtividade agrícola e capacidade ociosa de oleaginosas no Estado de Pernambuco

Segundo o IBGE o Estado de Pernambuco explora 30 espécies de vegetais em lavouras e três espécies por meio da extração. As espécies cultivadas são predominantemente exóticas (75%), fazendo com que as espécies típicas do Brasil representem apenas 6,2% da área colhida no Estado. Os motivos que justificam tal direcionamento produtivo são os mais variados possíveis, alternando entre o atendimento da demanda do mercado e o domínio

tecnológico para a garantia de colheitas lucrativas, devido o progressivo melhoramento genético de algumas espécies.

A produção agrícola ou de extração vegetal no Estado, apesar de estar bastante difundida, tem apresentado forte concentração na faixa leste (figura 11), influenciada diretamente pelas características climáticas da região, com elevados volumes de precipitação ao longo do ano (acima dos 1000 mm). O rio São Francisco, por sua vez, tem influenciado bastante a distribuição geográfica dessa produção do sertão pernambucano. A produção agrícola, nesse sentido, ao se direcionar para a exploração de gêneros com ciclos de vida de alta dependência hídrica, acaba forçando o produtor a limitar sua área de cultivo, obrigando o uso de técnicas de irrigação para garantia da produção.

Figura 11 - Distribuição espacial dos municípios do Estado de Pernambuco onde a produção agrícola e/ou de extração vegetal ocupa uma das três maiores fontes de renda para a composição do Produto Interno Bruto (PIB) municipal.



Fonte: IBGE. Autor: Iwelton Pereira, 2018.

Sobre o emprego de técnicas de irrigação é fundamental que estas estejam estritamente ajustadas às condições climáticas do local, sob risco de potencialização de problemas ambientais severos, capazes de inviabilizar a produção agrícola a longo prazo. A este respeito Souza *et al.* (2006) e Soares *et al.* (2016) observaram que o cultivo em solos do semiárido,

quando acompanhados de técnicas de irrigação com alto volume hídrico, tendem a gerar salinização progressiva, diminuindo consideravelmente o rendimento das lavouras. Estes dois autores ainda indicaram que as técnicas de irrigação (inundação, sulco, aspersão e gotejamento) influenciam diretamente no acúmulo de sais. Para eles o uso da irrigação por inundação e/ou por sulcos provocam uma maior acumulação de sais nas camadas superficiais do solo, sendo as medidas menos indicadas, embora as mais comuns.

A salinização progressiva inviabiliza a produção, uma vez que interfere diretamente na capacidade fotossintética da planta (MELONI *et al.*, 2003; FERREIRA-SILVA *et al.*, 2010) gerando crescimento disforme (MEDEIROS *et al.*, 2017) e baixo rendimento econômico/hectare para o produtor (GALDINO *et al.*, 2017). Esta realidade tende a forçar a migração progressiva para novas áreas, estimulando a supressão continua da mata nativa (Caatinga) para usos agrícolas, onde serão empregadas as mesmas técnicas, inviáveis no médio e longo prazo. Sampaio, Araújo e Sampaio (2005), ao discutirem processos de desertificação no Nordeste brasileiro, indicam que a degradação de áreas ambientais quase sempre começa com o desmatamento e com a substituição da vegetação nativa por outras cultivadas.

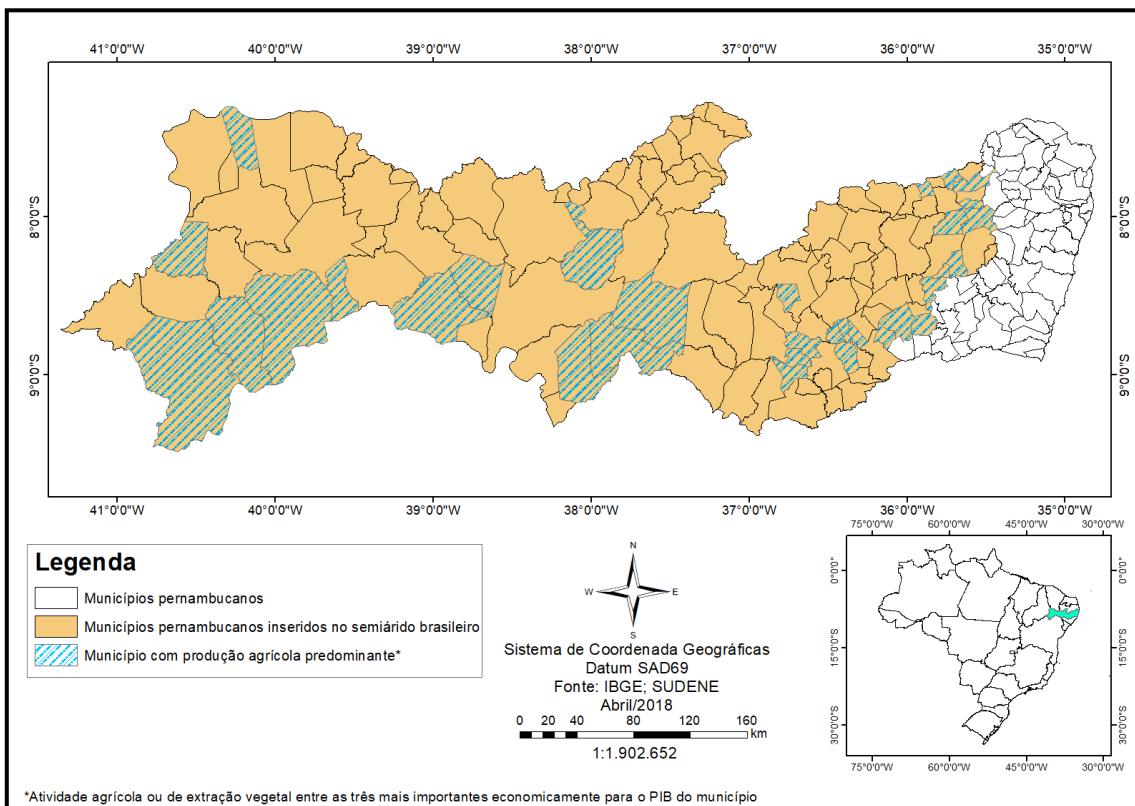
Tal realidade de déficit tecnológico tem prendido regiões economicamente vulneráveis em um ciclo de pobreza e subdesenvolvimento perene, que colocam em xeque a própria capacidade de desenvolvimento econômico do Estado. Em Pernambuco 62 municípios apresentam as atividades agrícolas e de extração entre as três mais importantes para o PIB municipal (figura 11). Desses territórios administrativos apenas em 4 (6,5%) essas atividades são a maior fonte de renda, sendo, predominante nos outros, as atividades administrativas (ligadas as prefeituras e aos equipamentos do Estado) (IBGE, 2016).

A participação da região semiárida no PIB pernambucano tem se apresentado de forma bastante tímida. Nesses municípios de base agrícola, com exceção de Petrolina, que apresenta característica econômica bastante peculiar, o produto interno bruto é inexpressivo diante das potencialidades presentes (IBGE, 2016).

Num primeiro exercício de recorte espacial podemos descartar os municípios que não compõem o que se entende por região semiárida, segundo a delimitação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) (figura 12). Essa observação mais aproximada confirma uma polarização nas áreas com maior disponibilidade hídrica do Estado, privilegiando a região conhecida como Agreste, no topo do Planalto da Borborema, onde a influência climática exercida por sistemas atmosféricos vindo de leste garante uma

pluviosidade média mais elevada, e o sertão do São Francisco, onde a agricultura irrigada ganhou força após a implantação dos perímetros irrigados, na microrregião de Petrolina.

Figura 12 - Distribuição espacial dos municípios inseridos no semiárido do Estado de Pernambuco onde a produção agrícola e/ou de extração vegetal ocupa uma das três maiores fontes de renda para a composição do Produto Interno Bruto (PIB) municipal.



Fonte: IBGE; SUDENE. Autor: Iwelton Pereira, 2018.

Os municípios dessa região são marcados por PIB com valores modestos e atividade agrícola de subsistência. Tal fato faz com que as atividades agrícolas facilmente identificadas em uma visita de campo, não apareçam na predominância de participação no PIB das atividades econômicas municipais (quadro 1), uma vez que não geram volumes de renda, capazes de provocar impacto na economia local. É fundamental que se diga, entretanto, que localizam-se no semiárido os únicos municípios com participação majoritárias, no PIB, das atividades agrícolas (Santa Maria da Boa Vista, Lagoa Grande, Orocó, Sairé). Sua localização, contudo, funciona como um fator gerador desta realidade: Santa Maria da Boa Vista, Lagos Grande, Orocó na microrregião de Petrolina (em áreas de fruticultura irrigada) e Sairé (em uma região de Brejo).

Quadro 1 - Produto Interno Bruto - PIB (total e *per capita*), em ordem decrescente de valor, dos municípios do semiárido pernambucano que apresentam a atividade agrícola como uma das três atividades com maior participação no PIB municipal.

Nome do Município	PIB, a preços correntes (R\$ 1.000)	PIB <i>per capita</i> (R\$ 1,00)	Atividade com maior valor adicionado bruto	Atividade com segundo maior valor adicionado bruto	Atividade com terceiro maior valor adicionado bruto
Pernambuco	97.189.760	11.049,27	-	-	-
Petrolina	3.434.155	11.677,58	Demais serviços	Administração**	Agricultura*
Santa Maria da Boa Vista	285.502	7.232,83	Agricultura*	Administração**	Demais serviços
Bonito	219.701	5.847,78	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Lagoa Grande	181.352	7.982,39	Agricultura*	Administração**	Demais serviços
Ibimirim	156.426	5.802,37	Administração**	Agricultura*	Demais serviços
Passira	124.260	4.335,07	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
São Joaquim do Monte	121.436	5.926,87	Administração**	Agricultura*	Demais serviços
Orocó	112.159	8.512,36	Agricultura*	Administração**	Demais serviços
Panelas	103.495	4.034,28	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Belém do São Francisco	99.820	4.932,80	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
São Vicente Ferrer	98.702	5.805,97	Administração**	Agricultura*	Demais serviços
São João	97.079	4.556,62	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Sairé	95.253	8.472,93	Agricultura*	Administração**	Demais serviços
Caetés	93.503	3.518,20	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Cumaru	86.152	5.018,78	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Camocim de São Félix	86.057	5.031,37	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Inajá	81.520	4.272,32	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Machados	81.179	5.955,02	Administração**	Agricultura*	Demais serviços
Tacaratu	79.676	3.609,65	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Alagoinha	73.735	5.358,29	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Manari	67.476	3.710,13	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Saloá	65.963	4.316,07	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Jupi	64.570	4.710,05	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Casinhas	63.527	4.606,42	Administração**	Agricultura*	Demais serviços
Jurema	63.128	4.355,46	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Lagoa dos Gatos	61.841	3.960,39	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Santa Maria do Cambucá	55.950	4.296,28	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Barra de Guabiraba	55.069	4.314,04	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Calçado	51.404	4.620,61	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Santa Filomena	49.851	3.741,98	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Paranatama	48.323	4.392,59	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Jucati	47.854	4.512,84	Administração**	Demais serviços	Agricultura*

(Continua)

(Continuação)

Nome do Município	PIB, a preços correntes (R\$ 1.000)	PIB <i>per capita</i> (R\$ 1,00)	Atividade com maior valor adicionado bruto	Atividade com segundo maior valor adicionado bruto	Atividade com terceiro maior valor adicionado bruto
Carnaubeira da Penha	47.155	4.002,28	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Betânia	46.227	3.850,64	Administração**	Demais serviços	Agricultura*
Bom Jardim	37.828	4.690,56	Administração**	Demais serviços	Ind. extrativas
Salgadinho	37.427	4.030,02	Administração**	Agricultura*	Demais serviços
Ipubi	28.120	4.693,09	Administração**	Demais serviços	Ind. extrativas
Calumbi	24.535	4.341,64	Administração**	Demais serviços	Agricultura*

*Agricultura, inclusive apoio à agricultura e a pós colheita

**Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social

Fonte: IBGE. Autor: Iwelton Pereira, 2018

No quadro 1 deixa-se claro que a condição econômica dessas porções do território não apresenta expressividade econômica, atingindo, inclusive, em todos os municípios um PIB *per capita* inferior à média estadual. Petrolina, foge a essa regra dada sua condição de cidade polo numa zona agroexportadora, tornando-se um ponto de convergência de fluxos financeiros, destoante do seu entorno. Caso fosse considerado um recorte mais amplo, observando todos os municípios do semiárido, seria possível perceber outros pontos luminosos, com mesmas características, em contextos distintos, a exemplo dos municípios de Caruaru, Garanhuns, Arcos e Serra Talhada.

Nesse sentido é possível perceber que a produção agrícola estadual está limitada a um conjunto restrito de 33 espécies tradicionalmente produzidas para atender demandas internas e externas. A capacidade produtiva do Estado, contudo é bem maior que essa. Menezes *et al.* (2010) ao refletirem sobre a produção de espécies oleaginosas no Estado, indicam, apenas para esse grupo, 30 espécies nativas ou cultivadas e mais 14 que teriam, segundo os autores, condições de se desenvolver. Das 30 espécies nativas ou cultivadas apontadas pelos autores apenas 10 espécies são apresentadas pelo IBGE como cultivada no Estado² o que determinaria uma ociosidade de aproximadamente 66% só de oleaginosas. Ao considerarmos as espécies oleaginosas indicadas por Menezes *et al.* (2010) como potenciais e não produzidas, essa ociosidade subiria para 75%.

² O IBGE considera apenas os principais produtos da área plantada ou colhida.

Coutinho *et al.* (2016) ao estudarem espécies da família Euphorbiaceae com potencial de produção de biodiesel em Pernambuco indicaram a viabilidade de três espécies, para este fim, e mais quatro espécies oleíferas, da mesma família, capazes de oferecer outros usos (como tinturas, sabão, óleos lubrificante e vernizes). As espécies estudadas não contam dentre as investigadas por Menezes *et al.* (2010), o que permite assumir um déficit total de 80,4% no aproveitamento de oleaginosas no Estado.

Considerando apenas as espécies endêmicas do Brasil chegaremos a uma capacidade ociosa atinge 81,81%. Embora esses números já provoquem preocupação, deve-se considerar que para a presente reflexão, apenas dois trabalhos principais foram evocados, uma vez que os demais localizados durante o esforço investigativo, tendiam a retomar espécies já indicadas pelos textos aqui citados. Nesse contexto, deve-se considerar como subestimada a capacidade ociosa aqui apresentada, uma vez que se consideradas as espécies oleíferas ainda não estudadas, o valor de ociosidade produtiva pode atingir valores alarmantes.

Caso ululante do descaso produtivo com as espécies endêmicas é o fato do IBGE indicar que no ano de 2016 não houve produção no Estado de *Syagrus coronata* (licuri). Esta espécie apresenta alta qualidade de seu óleo (LA SALLES *et al.*, 2010) e tem sua ocorrência natural nos municípios de Caetés (MEDEIROS *et al.*, 2015) e Buíque (RUFINO *et al.*, 2008), dentre outros.

Atualmente a produção bioenergética tem tomado conta do cenário nacional, fazendo com que a oferta de matéria prima se torne um fator preponderante para a instalação unidades de produção de biocombustível. Após a aprovação do Plano Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), a cadeia produtiva desse biocombustível tornou-se uma possibilidade de dinamização da economia de áreas economicamente deprimidas do nordeste do país. A proposta original do programa estimula a diversificação da base produtiva desse combustível e cria mecanismos de aquisição de matéria prima de unidades de produção familiar, gerando dinamicidade econômica para produtores rurais.

O alto potencial natural do Nordeste para a produção de oleaginosas (LICHSTON; MOREIRA, 2016), aliada a diversidade de matérias primas possíveis para o biodiesel gerou uma expectativa de desenvolvimento de núcleos produtores de biodiesel nessa região. Uma observação mais detida acerca da distribuição espacial das unidades de produção de biodiesel instaladas no Estado, em detrimento da espacialização da produção de oleaginosa é capaz de subsidiar uma reflexão acerca da condição atual da indústria de biodiesel em Pernambuco.

4.1.2 Caracterização espacial da produção de oleaginosas e de produção de biodiesel no Estado de Pernambuco: potencialidades produtivas

O Estado de Pernambuco produz atualmente 11 espécies com potencial oleaginoso (quadro 2). Destas espécies apenas três (*Bixa orellana* - Urucum, *Anacardium occidentale* - Caju, *Carijaca brasiliense* - Pequi) são endêmicas região, gerando uma alta inserção de espécies exóticas no Estado. A produção de oleaginosas, salvo algumas exceções (*Ricinus communis* - mamona), não é desenvolvida com objetivo de geração de óleos e sim para outros fins, como a alimentação animal e humana, a produção têxtil. O algodão herbáceo, por exemplo, amplamente cultivado para a produção têxtil, hoje tornou-se um importante gerador de óleos para a produção de biodiesel.

Para a análise que se segue foram selecionadas as espécies que não apresentavam uso corrente como alimentos e/ou que se mostravam viáveis para a produção do biodiesel por oferecer óleo oriundo de subprodutos de seus processos comerciais estabelecidos. Nesse sentido foram eleitas como possíveis fontes de matéria prima para a produção de biodiesel a uva, a mamona, o algodão herbáceo, coco da baía e o tomate. A exceção da mamona, todos as espécies observadas apresentam o óleo como subproduto da indústria principal, maximizando a rentabilidade da produção e minimizados impactos negativos por concorrência de uso.

Atualmente, Pernambuco conta com quatro unidades de produção de biodiesel distribuídas nas mesorregiões do Agreste e do Sertão (figura 13). Essas unidades, juntas, contam com uma capacidade de produção de 51.000 L/dia (MELO, 2010) e atendem aos mais diversos interesses. As unidades de produção, contudo, não constam na lista de usinas produtoras de biodiesel da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP³.

Em uma realidade produtiva tão limitada, Pernambuco ainda não conseguiu se inserir efetivamente no cenário nacional de produção de biodiesel. Ao considerarmos, adicionalmente, a depreciação constante do rendimento médio da produção de cana-de-açúcar, discutida no item 1.2 do referencial teórico desta tese, podemos perceber uma tendência de minimização da importância estadual no contexto nacional de biocombustíveis.

³ A ANP apresenta dados de produção exclusivamente das usinas que comercializam combustível via leilão público promovido pela própria agência. Produções menores que não são comercializadas pelo órgão estatal não constam nos dados oficiais, dificultando o acompanhamento da produção.

Quadro 2 - Determinação de origem, teor de óleo e aptidão para produção de biodiesel para espécies oleaginosas⁴ exploradas economicamente no Brasil.

Nome popular	Nome científico	Origem geográfica	Fonte	Teor de óleo	Fonte de biodiesel	Fonte
Soja (1)	<i>Glycina max</i>	China e Japão	MANDARINO; CARRAO-PANIZZI, 1999	14,7% - 24,0%	SIM	SANTOS <i>et al.</i> , 2017; ZAMBIAZZI <i>et al.</i> , 2017
Algodão herbáceo (1) (2)	<i>Gossypium hirsutum</i>	América, África, Ásia	LUNARDON, 2007	24,38%	SIM	OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2011
Coco-da-baía (1) (2)	<i>Cocos nucifera</i>	Ásia (Índia)	SIQUEIRA; ARAGAO; TUPINAMBA, 2002	66% - 68%	SIM	LOURENÇO <i>et al.</i> , 2016
Dendê (1)	<i>Eleis guineensis</i>	Africa (Guiné)	MULLER, 1980	55% (amêndoas)	SIM	FEROLDI; CREMONEZ; ESTEVAM, 2014
Amendoim (1) (2)	<i>Arachis hypogaea</i>	América do Sul	OLIVEIRA, 2003	36,51% - 56%	SIM	ZULLO <i>et al.</i> , 1993
Castanha de caju (1) (2)	<i>Anacardium occidentale</i>	Brasil	MAZZETTO; LOMONACO; MELE, 2009	32%	SIM	LIMA <i>et al.</i> , 2014
Mamona (1) (2)	<i>Ricinus communis</i>	África	KRUG; MENDES, 1945	48,60%	SIM	TAMBASCIA; TEXEIRA, 1984; OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2013
Urucum (1) (2)	<i>Bixa orellana</i>	América Tropical	EMBRAPA AMAZONIA ORIENTAL, 2009	-	NÃO	-
Uva	<i>Vitis vinifera</i>	Ásia	MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2002	15%	SIM	ROSSI; SANTOS, 2014; ROCKEMBACH <i>et al.</i> , 2014
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	América Central e América do Sul	SIGI <i>et al.</i> , 2003	27%	SIM	AL-WANDAWI; ABDUL-RAHMAN; AL-SHAIKLY, 1985
Girassol	<i>Helianthus annuus</i>	América do Norte	SOUZA <i>et al.</i> , 2013	38% - 48%	SIM	VENTURA; ALVES; SANTOS, 2010
Maracujá	<i>Passiflora edulis</i>	América	MENEZES <i>et al.</i> , 2010	17% - 20%	SIM	SOUZA; SAMPAIO; LACERDA, 2015
Milho	<i>Zea mays</i>	América do Sul	-	6% - 7,5%	-	PAES, 2006
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	Ásia	PEREIRA, 2013	25% - 46%	SIM	PEREIRA, 2013
Babaçu (1)	<i>Attalea speciosa</i>	Brasil	SANTOS, 2008	60%	SIM	SANTOS, 2008; NASCIMENTO <i>et al.</i> , 2009
Copaíba (1)	<i>Copaifera langsdorffii</i>	Brasil	TAPPIN <i>et al.</i> , 2004	-	SIM	-
Cumaru	<i>Dipteryx odorata</i>	Brasil	ZAU; VASCONCELOS; GIACON, 2014	34% - 40%	SIM*	NICARETTA <i>et al.</i> , 2017
Licuri (1)	<i>Syagrus coronata</i>	Brasil	IHA <i>et al.</i> , 2014; RIFINO <i>et al.</i> , 2008	50% (amêndoas)	SIM	IHA <i>et al.</i> , 2014
Oiticica (1)	<i>Licania rigidula</i>	Brasil	DINIZ <i>et al.</i> , 2015	60%	SIM	MACEDO <i>et al.</i> , 2011
Pequi (1) (2)	<i>Carijaca brasiliensis</i>	Brasil	LOPES; STEIDLE NETO, 2017	30%	SIM	LOPES; STEIDLE NETO, 2017
Tucum (1)	<i>Bactris setosa</i>	Brasil	SOUZA <i>et al.</i> , 2012	-	SIM	-

(1) Explorada no Nordeste (2) Explorada em Pernambuco

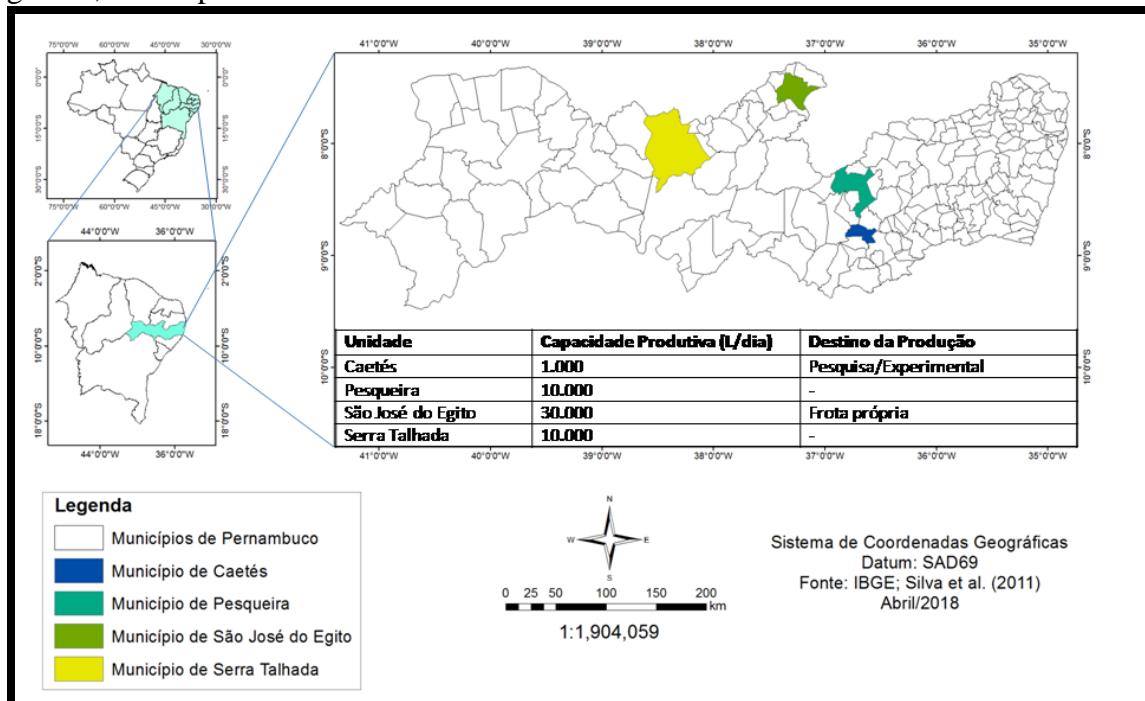
* Citação indireta. Não foram localizados trabalhos que tenham analisado a qualidade do biodiesel resultante.

- Não identificado na literatura.

Autor: Iwelton Pereira, 2018.

⁴ As espécies consideradas são aquelas que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apresenta dados de produção. Desconsiderando-se aquelas com produção local e uso não exploratório.

Figura 13 - Localização dos municípios onde estão instaladas as unidades de produção de biodiesel do Estado de Pernambuco, capacidade produtiva (L/dia) e destinação do biodiesel gerado, das respectivas unidades.



Fonte: IBGE; MELO, 2010; SILVA *et al.*, 2011. Autor: Iwelton Pereira, 2018.

Das usinas instaladas no Estado apenas uma apresenta um direcionamento de uso de matéria prima (São José do Egito), voltada para o uso dos óleos de algodão e de soja e da gordura de frango (MELO, 2010). A unidade de produção experimental em Caetés, por suas características investigativas (para fins de pesquisa), opera com matéria prima variada, de acordo com os experimentos desenvolvidos. Informações conseguidas junto a coordenação da divisão de biocombustíveis do CETENE (responsável pela unidade) o óleo utilizado no processo normal (fora da circunscrição de pesquisas específicas) é proveniente de algodão herbáceo.

A aquisição de dados sobre o funcionamento das unidades de produção de biodiesel no Estado de Pernambuco é bastante difícil, dada a inexistência de monitoramento por parte de órgãos governamentais. Como a ANP delimita sua área de investigação e monitoramento produtivo às usinas que comercializam no mercado nacional (participantes dos leilões de biodiesel), não há disponibilidade de dados para o estado de Pernambuco, prejudicando consideravelmente seu planejamento estratégico produtivo.

Buscando contribuir com o conhecimento da produção de oleaginosas no Estado de Pernambuco e, paralelamente investigar possíveis relações com usinas instaladas, apresentar-se-á a distribuição espacial de cinco espécies (*G. hirsutum*, *C. nucifera*, *R. communis*, *L.*

esculentum, *V. vinifera*) com alto potencial produtivo (independente do teor de óleo da semente) diante de sua corrente exploração econômica, e dos potenciais para biocombustível descritos na literatura, relacionando-os, sempre que possível, com a distribuição das unidades de produção de biodiesel.

4.1.2.1 Mamona (*Ricinus communis*)

A mamona (*R. communis*) é uma espécie exótica, típica da África (KRUG; MENDES, 1945) e possui um teor de óleo superior a 45% (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Extremamente adaptável às condições semiáridas do Nordeste brasileiro, essa planta ganhou destaque no cenário nacional ao ser recrutada, experimentalmente, para servir de base para a produção agroenergética de base familiar. A priori, a simplicidade técnica do cultivo poderia ser indicada como um fator importante para a difusão dessa cultura no ambiente agrário do Nordeste, contudo, para ampliação do rendimento de qualquer espécie agrícola é necessário um mínimo de conhecimento técnico, ausente na maioria dos produtores das áreas de vulnerabilidade econômica (LORETO; CALVELLI; SILVA, 2017; MADALENA *et al.*, 2017).

Há uma variação considerável na produção desse cultivar ao longo do tempo, dentro do PNPB, uma vez que a própria oferta interferiu bruscamente no valor do produto e diminuiu a rentabilidade do produto. O estímulo do mercado pela aquisição de produtos oriundos da agricultura familiar, por meio do selo combustível social, forneceu incentivos fiscais para as unidades produtoras de biodiesel que adquirissem matéria prima de produtores familiares no Nordeste do Brasil. Em adição, associado à difusão da mamona como cultivar ideal para o semiárido, por meio da ação direta da EMBRAPA, gerou uma amplificação da oferta num curto período de tempo, e uma diminuição no valor de mercado do produto.

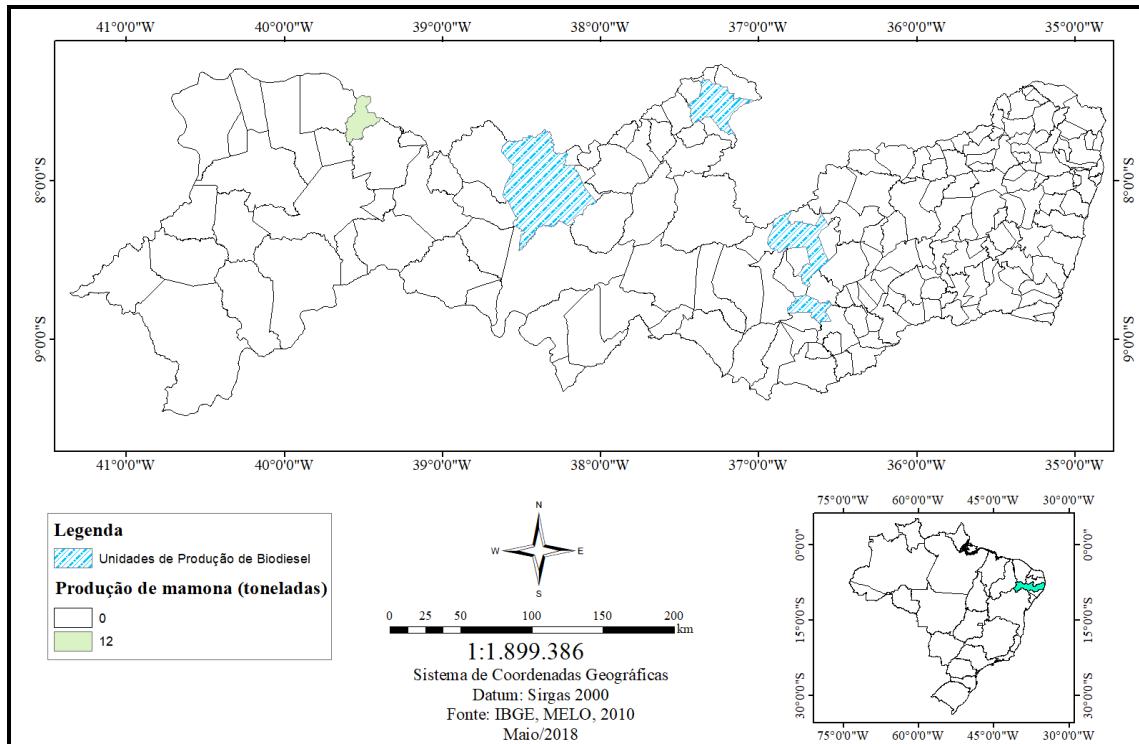
Considerando que a capacidade ociosa de produção de biodiesel no Nordeste brasileiro no ano de 2016 foi de 150,8 mil m³ (ANP, 2016), uma oferta elevada de matéria prima poderia se tornar um vetor amplificador da importância regional desse combustível. Contudo, um conjunto de fatores não permitiu que tal fato se tornasse realidade. Embora o rendimento de óleo da mamona seja bastante interessante para a produção de biodiesel, a qualidade do produto transesterificado é aquém do exigido pela ANP.

A viscosidade cinemática apresentada pelo biodiesel da mamona está em torno de 13,52 mm²/s, enquanto que a ANP determina que o valor máximo para esse parâmetro deve ser de 6,0 mm²/s (VENTURA; ALVES; SANTOS, 2010). Comparativamente, percebe-se que outras oleaginosas, como girassol, embora produzam biodiesel com viscosidade acima do

estipulado ($8,5 \text{ mm}^2/\text{s}$) não o fazem com tanta discrepância como a mamona. Tal realidade inviabilizou o uso em larga escala, uma vez que técnicas de melhoramento e misturas para diminuição da viscosidade cinética encarecem o produto final e tornam a matéria prima menos viável que outras espécies como o algodão ($4,88 \text{ mm}^2/\text{s}$), soja ($4,57 \text{ mm}^2/\text{s}$) ou licuri ($2,9 \text{ mm}^2/\text{s}$).

A observação da distribuição espacial da produção da mamona no Estado de Pernambuco, no ano de 2016 (figura 14) é bastante ilustrativa das questões apresentadas. Atualmente a produção encontra-se restrita a um município (Moreilândia), localizado no Mesorregião do Sertão pernambucano.

Figura 14 - Distribuição espacial dos municípios produtores de mamona (*Ricinus communis*) com produção registrada no ano de 2016 e das unidades produtoras de biodiesel instaladas no Estado de Pernambuco.



Fonte: IBGE; SILVA *et al.*, 2011. Autor: Iwelton Pereira

A distribuição espacial restrita da produção da mamona em Pernambuco contrasta diretamente com a realidade vigente no ano de 2009, onde o número de municípios produtores dessa espécie era de 45 (IBGE, 2009). A redução drástica observada é resultante de um conjunto de decisões inadequadas tomadas no processo de planejamento e execução do PNPB. O direcionamento produtivo para uma única espécie pode ser apontado como um fator preponderante, uma vez que o próprio PNPB apresenta como diretriz principal a diversificação da base produtiva da nova matriz energética.

A falta de investimento tecnológico na produção (MADALENA *et al.*, 2017) contribuiu significativamente para o abandono progressivo do cultivo, por parte dos agricultores. Estes, por sua vez, usavam a produção dessa espécie como atividade auxiliar, como meio de complementação de renda (LORETO; CALVELLI; SILVA, 2017), o que facilitou o progressivo abandono da atividade.

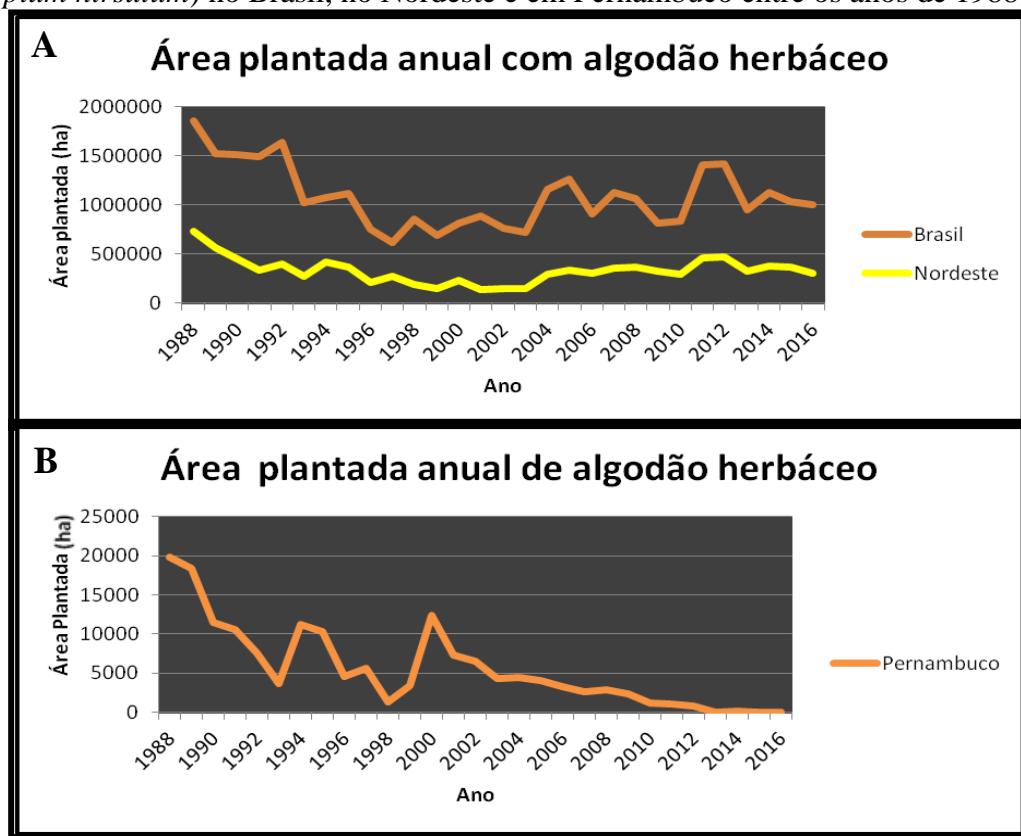
Das unidades de produção de biodiesel instaladas no Estado, não há nenhuma com direcionamento produtivo para uso da mamona, segundo informações conseguidas com a divisão de biodiesel do CETENE. Geograficamente, a unidade de produção com maior proximidade é a unidade de Serra Talhada, com capacidade de produção de 10 mil L/dia. A ausência de dados oficiais sobre o estágio atual das unidades de produção de biodiesel no Estado não permite estimar precisamente o potencial ocioso.

4.1.2.2 Algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum*)

O algodão herbáceo, como uma segunda opção de matéria prima para o biodiesel, já teve papel de grande destaque no Estado de Pernambuco, porém após o declínio da atividade industrial têxtil no Estado (assim como no país) experimentou uma diminuição progressiva das áreas plantadas, enfraquecendo essa cultura na região. O liberalismo econômico, experimentado no Brasil a partir da década de 1990, permitiu a inserção, no mercado nacional, de produtos externos, com preço e tecnologia superior, dado o alto sucateamento experimentado pelas instalações têxteis, anteriormente privilegiadas pelo protecionismo econômico/industrial exercido pelo Estado (CAMPOS; PAULA, 2006).

Nos anos 2000, no entanto, observou-se uma tímidia expansão da produção algodoeira no Nordeste e no Brasil. Pernambuco, contudo, não acompanhou a tendência e mantém-se em forte declínio produtivo (figura 15).

Figura 15 - Representação gráfica da evolução anual da área plantada com algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum*) no Brasil, no Nordeste e em Pernambuco entre os anos de 1988 e 2016.

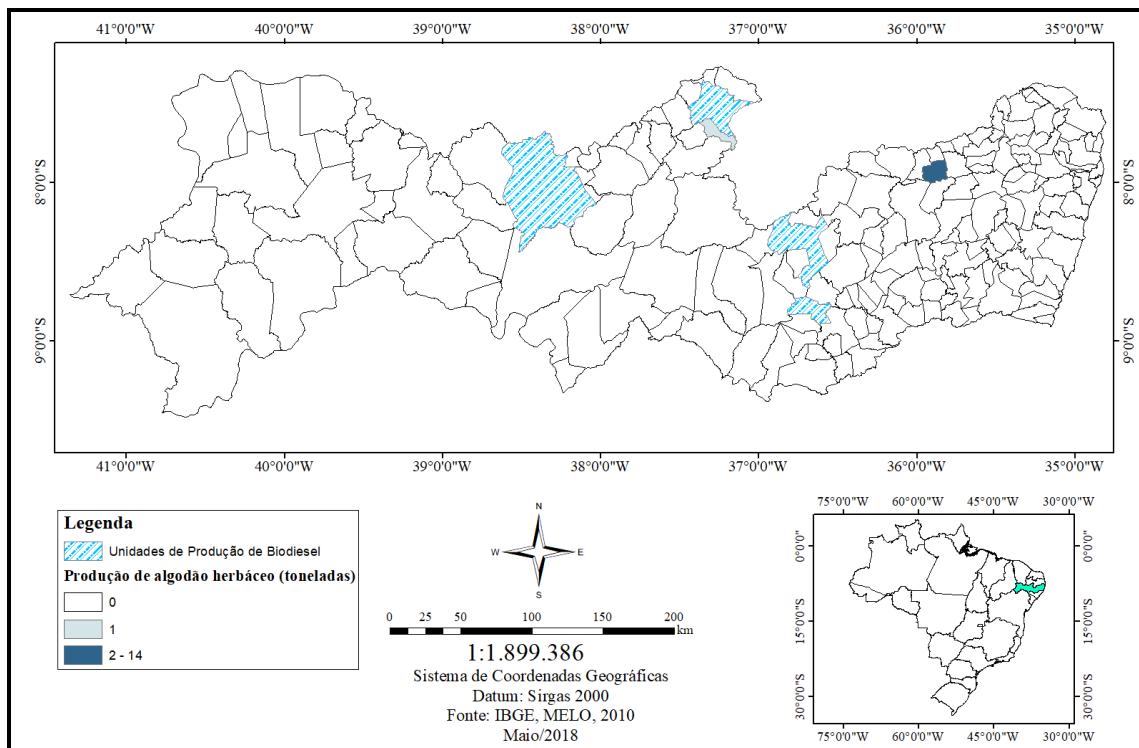


Legenda: A - evolução da área plantada com algodão herbáceo no Brasil e no Nordeste entre os anos de 1988 e 2016. B - evolução da área plantada com algodão herbáceo no Estado de Pernambuco entre os anos de 1988 e 2016.

Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal. Autor: Iwelton Pereira

Essa diminuição produtiva reflete diretamente no número de municípios produtores. Enquanto no ano de 2009, 42 municípios pernambucanos produziram algodão, apenas dois (Tuparetama e Frei Miguelinho) constam nos dados do IBGE para o ano de 2016. Adicionalmente, se considerada a distribuição geográfica dessas porções do território (figura 16), percebe-se não haver ligação direta com a produção do biodiesel.

Figura 16 - Distribuição espacial dos municípios produtores de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum*) com produção registrada no ano de 2016, e das unidades produtoras de biodiesel instaladas no Estado de Pernambuco.



Fonte: IBGE; MELO, 2010; SILVA et al., 2011. Autor: Iwelton Pereira, 2018.

O município de Frei Miguelinho (agreste pernambucano) guarda muito mais ligação com a produção têxtil circundante, dada a existência do polo de confecção do agreste, e não em função das usinas de produção de biodiesel instaladas em Pesqueira e Caetés (geograficamente mais próximas). A proximidade do município de Tuparetama com o polo de São José do Egito não guarda nenhuma relação direta com a unidade produtora de biodiesel, uma vez que o volume produzido é extremamente baixo e o perfil produtivo do município tem se mostrado inconstante, com as oscilações produtivas ao longo dos anos (IBGE, 2018). Embora SILVA et al. (2008) indiquem que a instalação de algumas unidades de produção de biodiesel, no Estado de Pernambuco vincule-se diretamente a oferta de matéria prima das microrregiões onde se encontram, os municípios aqui observados não se circunscrevem neste contexto.

Embora o teor de óleo da semente de algodão seja consideravelmente baixo (<24%), comparado ao de espécies como o babaçu (60%), a mamona (48%) e o Coco-da-baía (65%), a qualidade do óleo associada ao fato de que a produção oleífera a partir dessa espécie pode ser considerada um subproduto da produção de pluma para a indústria têxtil, faz com que o seu uso, como matéria prima para biodiesel, seja indicado por diversos autores (FAN et al., 2008; NIBE; RAHMAN; AKHTER, 2009; RASHID; ANWAR; KNOTHE, 2009; SHANKAR;

PENTAPATI; PRASAD, 2017). Destaque-se por fim, sobre essa espécie, que embora se considerado, no bojo dessa discussão, como possuindo um baixo teor de óleo, seu volume é superior ao encontrado na soja (principal matéria prima para produção de biodiesel no Brasil)

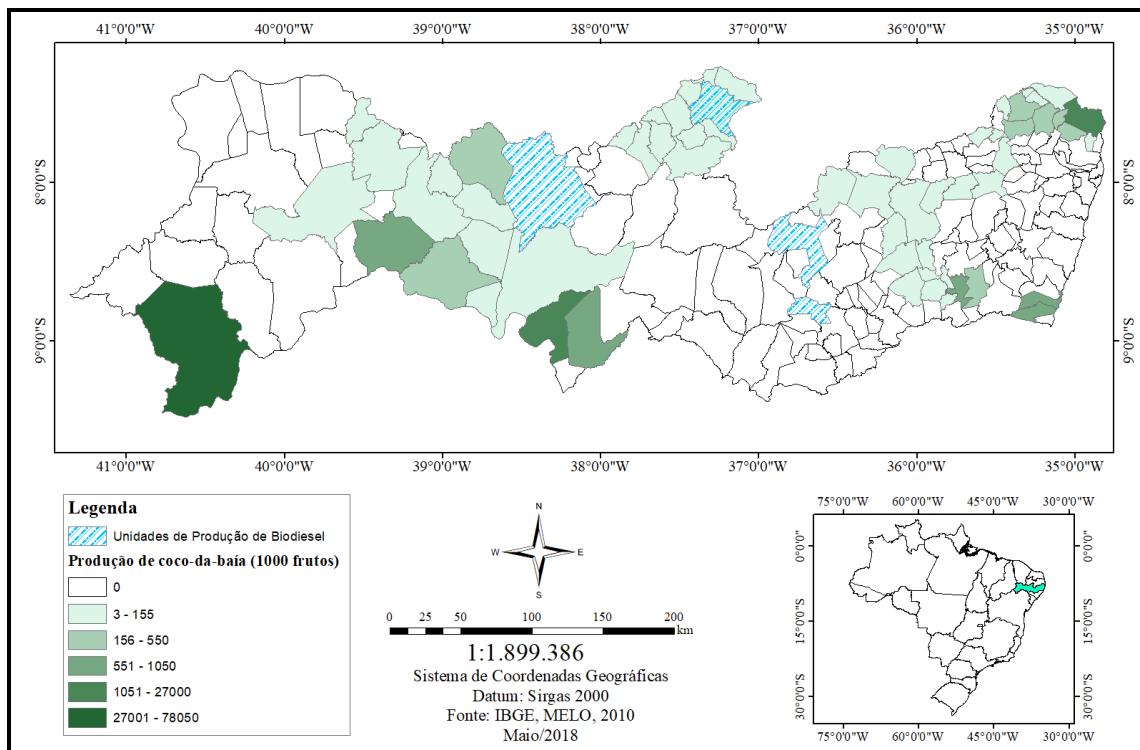
A produção de alimento é uma preocupação constante nas discussões acerca da questão bioenergética. O direcionamento da estrutura agrícola para atender demandas energéticas promove pressões sobre a oferta de alimentos que podem gerar escassez de recursos, direcionamento produtivo para a nova matriz energética, ou destinação de áreas agricultáveis em detrimento das necessidades alimentícias. Sobre essa questão Rodrigues e Abreu (2016) afirmam que no Brasil, a produção agroenergética não coloca em risco a produção alimentícia. Bazotti e Coelho (2017) partilham de tal interpretação, contudo advertem que o direcionamento da agricultura familiar para a produção de *commodities*, pode colocar em risco a segurança alimentar das próprias famílias, a longo prazo. Tais considerações fomentam preocupações pertinentes quanto ao direcionamento produtivo do campo no Brasil. A vastidão de áreas agricultáveis não pode subsidiar a expansão progressiva da fronteira agrícola sobre regiões de mata nativa. Nesse sentido o uso de áreas já delegadas a produção é o caminho mais acertado para o desenvolvimento de uma agricultura responsável.

4.1.2.3 Coco-da-baía (*Cocos nucifera*)

É nesse contexto de uso controverso de gêneros alimentícios que o *Cocos nucifera* (coco-da-baía) se apresenta como alternativa viável para a produção do biodiesel. Com um percentual de óleo superior a 65% (LOURENÇO *et al.*, 2016), e um biodiesel que atende a todos os padrões internacionais de viscosidade, acidez, densidade, valor de saponificação, valor de iodo e ponto de inflamação (MAITERA *et al.*, 2017), o coco-da-baía é a oleaginosa mais amplamente difundida no território pernambucano (figura 17). Capaz de se adaptar aos mais diversos ambientes e aos mais variados níveis de salinidade, o coco é talvez a Arecaceae mais consumida no Nordeste do Brasil, região que concentra mais de 60% da produção nacional desse fruto (MARTINS *et al.*, 2016). Embora trate-se de uma espécie exótica, com origem provável na Ásia (SIQUEIRA; ARAGAO; TUPINAMBA, 2002), os usos dos seus derivados (óleo, sabão, farinha, fibra) já estão introjetados nos hábitos das populações tradicionais dessa região do Brasil.

Diferentemente de outras espécies o *C. nucifera* tem apresentado uma produção bastante estável, seguido, nos últimos 6 anos (2010-2016), de uma tendência de queda na área destinada ao cultivo, sem apresentar diminuição no valor da produção, que tem se mostrado ascendente no mesmo período (IBGE, s/d).

Figura 17 - Distribuição espacial dos municípios produtores de coco-da-baía (*Cocos nucifera*) com produção registrada no ano de 2016, e das unidades produtoras de biodiesel instaladas no Estado de Pernambuco.



Fonte: IBGE; MELO, 2010, Silva et al., 2011.

Essa condição difusa no território pernambucano, faz o coco se tornar uma alternativa viável para a produção de biodiesel. Embora a maioria dos municípios apresente uma produção que não ultrapassa os 550.000 frutos por ano, a distribuição geográfica dessa produção é a que melhor aproveita a localização das unidades produtoras de biodiesel. Ciente de que a produção de coco em sua maioria destina-se a produção de água e, que a literatura é concordante no fato de que teor de óleo aumenta em detrimento da progressão das fases de maturação do fruto (verde, maduro, seco), deve-se considerar que é possível extrair óleo em qualquer uma delas (ARAGÃO *et al.*, 2004; FONSECA *et al.*, 2010). Nesse sentido, estudos que investiguem os usos dos subprodutos da produção de água de coco, podem apontar direcionamentos interessantes para o aproveitamento da ampla distribuída geográfica do cultivo dessa espécie, sem colocar em risco a produção alimentícia já instalada.

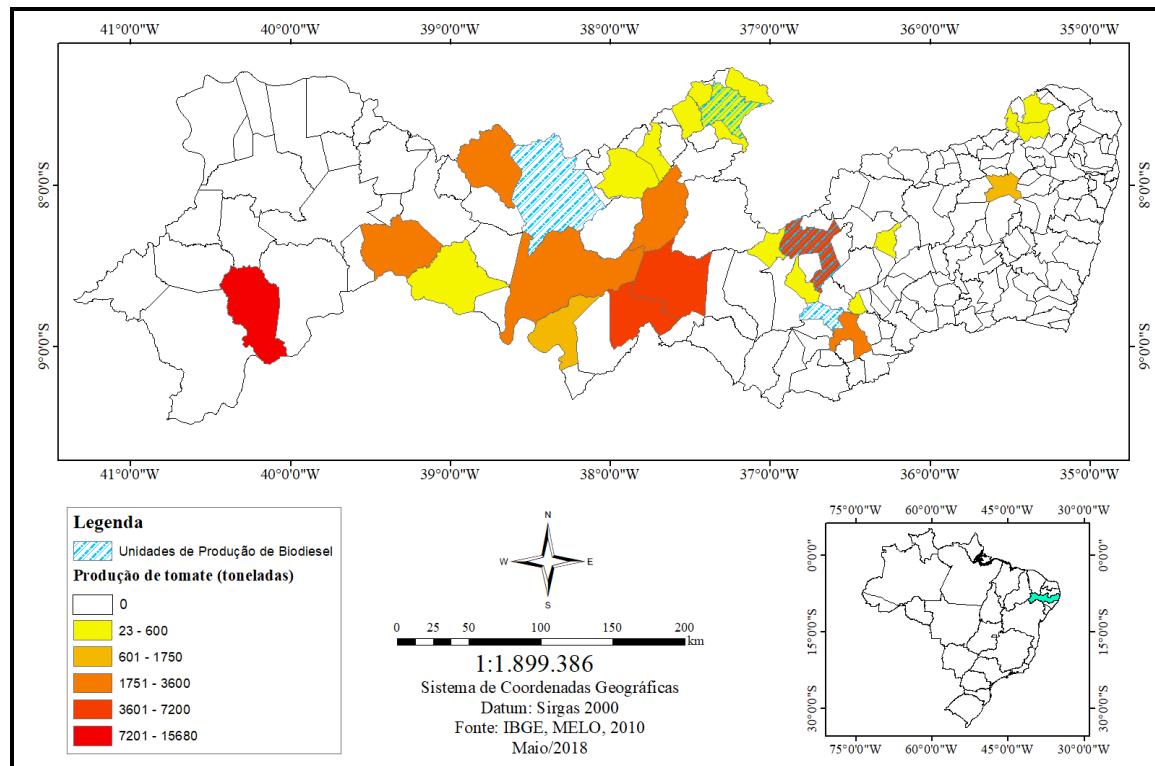
Bressan *et al.* (2017) ao compararem *C. nucifera* com *Olea europaea* e com *G. max* indicaram que o coco apresenta a menor emissão de gases poluentes. Os autores ainda indicaram que as três espécies produzem biodiesel com qualidade adequada para as normas brasileiras de qualidade de biodiesel. Os referentes a viscosidade cinemática do biodiesel de coco mostraram o menor valor dentre as espécies observadas.

4.1.2.4 Tomate (*Lycopersicon esculentum*) e uva (*Vitis vinifera*)

Outras duas espécies de oleaginosas não convencionais que podem ser indicadas como produtoras potenciais de óleo é a *Vitis vinifera* (uva) e o *Lycopersicon esculentum* (tomate). O uso difundido mundialmente dessas duas plantas é apenas a primeira das similitudes que unem esses dois organismos. A extração da polpa de ambas as espécies gera, como refugo, a liberação das sementes que tem teor de óleo viável para a produção energética. O tomate apresenta percentual de óleo (27%) superior àquele encontrado na soja (24%) e no algodão herbáceo (24,38%), indicando que, embora pouco estudado para esse fim, essa espécie pode apresentar condição de gerar amplificação da oferta de biocombustíveis para o Estado.

Diante de seu alto consumo e suas características de perecibilidade, quando consumido *in natura*, o tomate apresenta uma produção bastante homogênea nas mesorregiões do Estado (figura 18), com destaque para a alta presença no sertão.

Figura 18 - Distribuição espacial dos municípios produtores de tomate (*Lycopersicon esculentum*) com produção registrada no ano de 2016, e das unidades produtoras de biodiesel instaladas no Estado de Pernambuco.



A proximidade entre as áreas de produção e as usinas de biodiesel, observada na figura 18, permite considerações acerca do possível barateamento nos custos de transporte. Adicionalmente é fundamental o entendimento de que o uso proposto para o tomate como

fonte de biodiesel está vinculado ao refugo gerado por unidades de processamento do fruto, sendo necessário, para tanto, o mapeamento dessas unidades. Outros usos para esse refugo, como adubos orgânicos por exemplo, podem gerar concorrência de destinação, carecendo análises de custo mais aprofundadas.

Outra espécie que tem ganhado destaque nas pesquisas de produção de biodiesel é a uva. Amplamente utilizada na produção de sucos industriais, vinhos e espumantes, gera uma gama de resíduos dentre os quais destacam-se as sementes. Com percentual de óleo próximo dos 15% (ROSSI; SANTOS, 2014), a semente da uva, num primeiro momento parece inviável se consideradas espécies como babaçu (60%), dendê (55%), ou oiticica (60%). Até comparada com a soja (24%) e ao algodão (24%) apresenta uma certa desvantagem, contudo, diferente da soja que é produzida e empregada na produção do óleo, a semente da uva é um subproduto com o qual se pode amplificar os lucros produtivos.

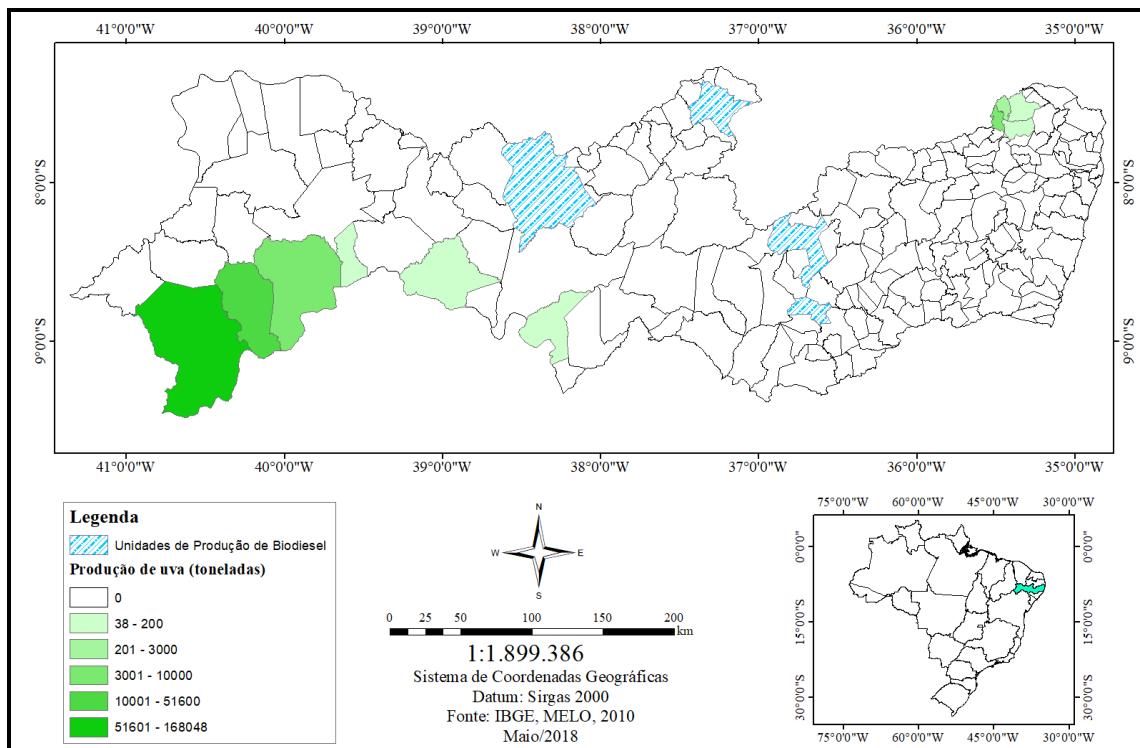
Rockembach *et al.* (2014) ao estudarem o biodiesel resultante do processo de transesterificação do óleo da semente de uva, afirmaram que o produto encontra-se dentro de todas as normas estipuladas pela ANP. Tais reflexões vão ao encontro das observações feitas por Fernández *et al.* (2010) que, ao testarem diferentes métodos de extração de óleo de uva, constataram que o uso de extração mecânica não é eficiente, sendo indicada a extração química com hexano e acetona (1/1). Fernández *et al.* (2010) ainda indicaram que após a transesterificação o biodiesel resultante é de ótima qualidade.

Considerando-se a distribuição geográfica da produção de uva no Estado (figura 19) é ululante a influência dos projetos de irrigação no submédio São Francisco. A concentração produtiva observada gera dificuldades de aproveitamento energético, uma vez que o deslocamento dos subprodutos pode gerar o encarecimento do processo.

A consolidação da produção vinícola, assentada no sertão pernambucano como indústria produtora de volumes anuais consideráveis de uva para a produção de vinho, associado a um não uso, até o momento, do potencial oleífero dessas sementes, implica numa perda econômica considerável para uma região dinâmica.

Parece importante considerar que, diante da realidade aqui apresentada, e da capacidade já instalada no Estado, para produção de biodiesel, não é justificável a ausência de produção comercial desta fonte energética. A apresentação de um número seletivo de oleaginosas, feito até o momento, buscou indicar que com apenas aqueles que não implicam em renúncia produtiva é possível iniciar atividades que consigam reinserir o Estado na posição de destaque no cenário nacional de biocombustíveis.

Figura 19 - Distribuição espacial dos municípios produtores de uva (*Vitis vinifera*) com produção registrada no ano de 2016, e das unidades produtoras de biodiesel instaladas no Estado de Pernambuco.



Fonte: IBGE; MELO, 2010; SILVA, 2011. Autor: Iwelton Pereira, 2018.

A produção concentrada em 10 municípios demonstra como tem se comportado a produção economicamente rentável de gêneros agrícolas no Estado. Adicionalmente pode-se considerar que os volumes produtivos superiores a 3000 toneladas/ano estão limitados a quatro municípios do universo observado. Considerando-se as dificuldades adaptativas da espécie e o domínio tecnológico necessário para o cultivo, perceber-se-á que a confluência produtiva é por si só uma geradora de desigualdade. A representação visual de sua espacialização permite compreender que o domínio de técnicas produtivas economicamente rentáveis está concentrado em porções específicas do território estadual.

4.1.3 Biodiesel, espacialização produtiva e produção de matéria prima: o caso dos polos de produção de biodiesel em Pernambuco

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) busca diversificar a matriz energética nacional fortalecendo a agricultura familiar e desenvolvendo regiões economicamente vulneráveis do país. Para tal, o desenvolvimento de ações que integrem os produtores a essa nova cadeia produtiva é fundamental. O Selo Combustível Social (SCS) foi

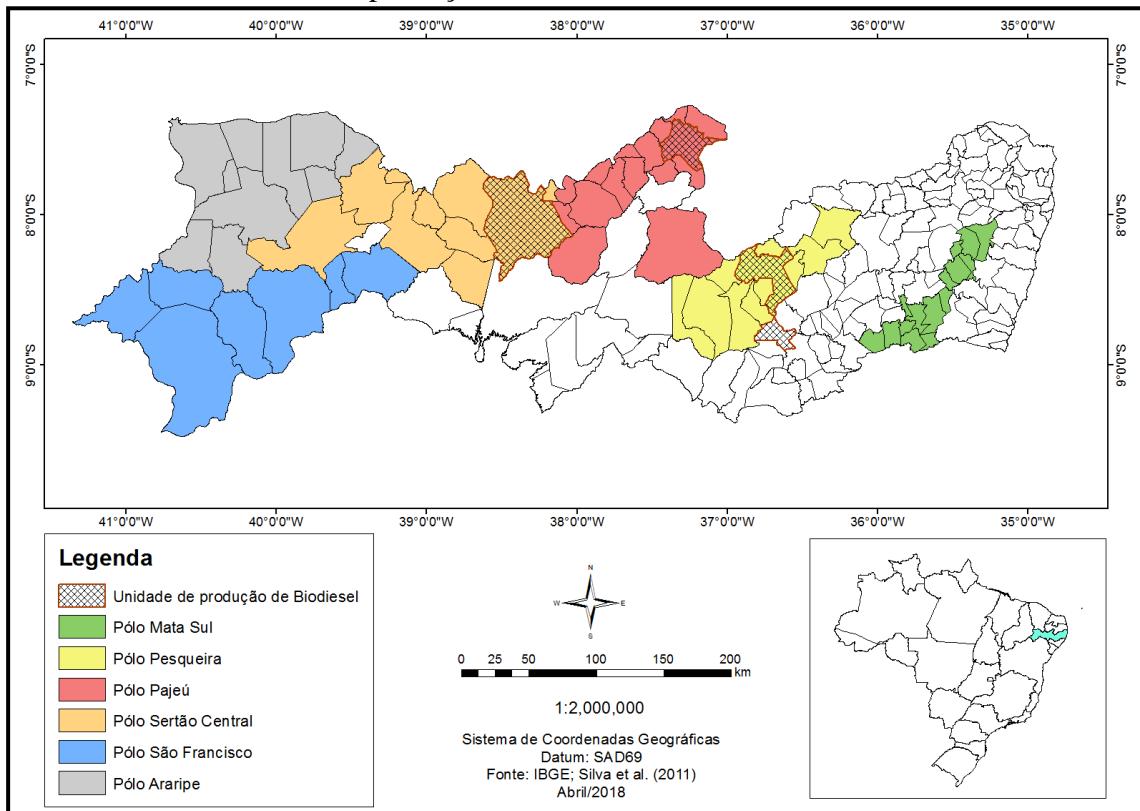
o primeiro instrumento gerado pelo plano que criava estruturas que provocassem a inserção efetiva dos agricultores familiares no fornecimento da matéria prima para o Biodiesel.

O SCS foi instituído pelo Decreto 5.297 de 2004 com a proposta de dinamizar o desenvolvimento regional através das firmas de biodiesel. O selo é, na verdade, um componente de identificação das unidades industriais que produzem biodiesel com a participação da agricultura familiar (SILVA; GRASEL; MERTENS, 2017), tornando-se também um indutor do uso da produção das pequenas unidades agrícolas e um estimulo a produção familiar. Atualmente, o selo está sendo regido pela Portaria nº 512 de 2017, expedida pelo secretário especial de agricultura familiar e do desenvolvimento agrário, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) que atualizou as normas vigente acerca dos critérios de concessão, manutenção e uso do SCS.

O SCS, embora indicasse a exigência de investimento em assessoria agrícola, ao pequeno produtor, para garantir as condições mínimas de produção, não criava as condições de intermediação entre as unidades produtoras de matéria prima e as unidades produtoras do combustível, gerando dificuldades adicionais para a efetivação do plano. Criado juntamente com o PNPB, em 2004, o selo também não criava formas de organização da produção, deixando uma lacuna que só viria a ser preenchida com a criação do Projeto de Polos de Biodiesel (PPB), em 2006. O projeto buscou promover ações relacionadas à produção de oleaginosas, além de estimular a redução nos custos da cadeia produtiva e promover políticas públicas que favorecessem a agricultura familiar (SILVA *et al.*, 2016).

O PPB iniciou congregando 30 polos e abrangendo 313 municípios, no Brasil, e em 2012 contava com 63 polos e 1.091 municípios (SILVA *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2011). No Estado de Pernambuco, foram desenvolvidos 6 polos que congregavam um total de 69 municípios (figura 20). Tais polos, em Pernambuco, se estruturaram a partir das microrregiões e buscaram abranger as áreas de vocação produtiva das oleaginosas historicamente produzidas (SILVA *et al.*, 2011).

Figura 20 - Localização dos municípios componentes dos Polos de Biodiesel no Estado de Pernambuco e das usinas de produção de biodiesel instaladas no estado.



Fonte: IBGE; Melo, 2010; SILVA *et al.*, 2011. Autor: Iwelton Pereira, 2018.

Sobre a distribuição dos polos de biodiesel em Pernambuco há uma tendência de vinculação do polo a uma unidade de produção (usina de biodiesel), como referência de direcionamento da matéria prima produzida. Silva *et al.* (2016), sobre o processo decisório para a implementação desses polos, afirmam ter sido levada em consideração a presença dos agricultores que detivessem aptidão produtiva nas áreas de plantio das oleaginosas adequadas ao território, conforme zoneamento do Ministério da Agricultura. Adicionalmente ainda seria necessário o interesse de atores sociais, políticos e econômicos no desenvolvimento dessa cadeia.

A formação de cooperativas agrícolas foi um dos direcionamentos feitos pelo projeto, como forma de fortalecimento da produção (SILVA *et al.*, 2016). No polo Pesqueira foi criada a COOPBIO, com função de organizar os produtores de mamona e garantir o fornecimento para a usina de Biodiesel. Em caso de desabastecimento de matéria prima também era de responsabilidade da cooperativa a aquisição de óleo de algodão para garantir o funcionamento da unidade de produtiva (SILVA *et al.*, 2011). Embora conste como ativa junto a consulta de CNPJ da Receita Federal do Ministério da Fazenda (realizada no dia

22/04/2018), a empresa está ausente da lista de cooperativas habilitadas no PNPB, da Secretaria de Agricultura Familiar do MDA.

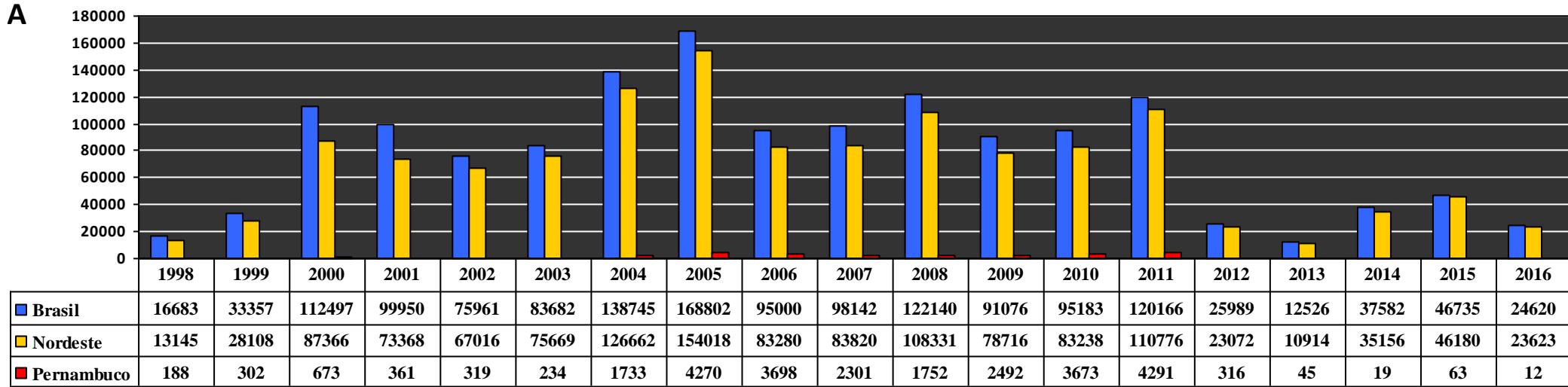
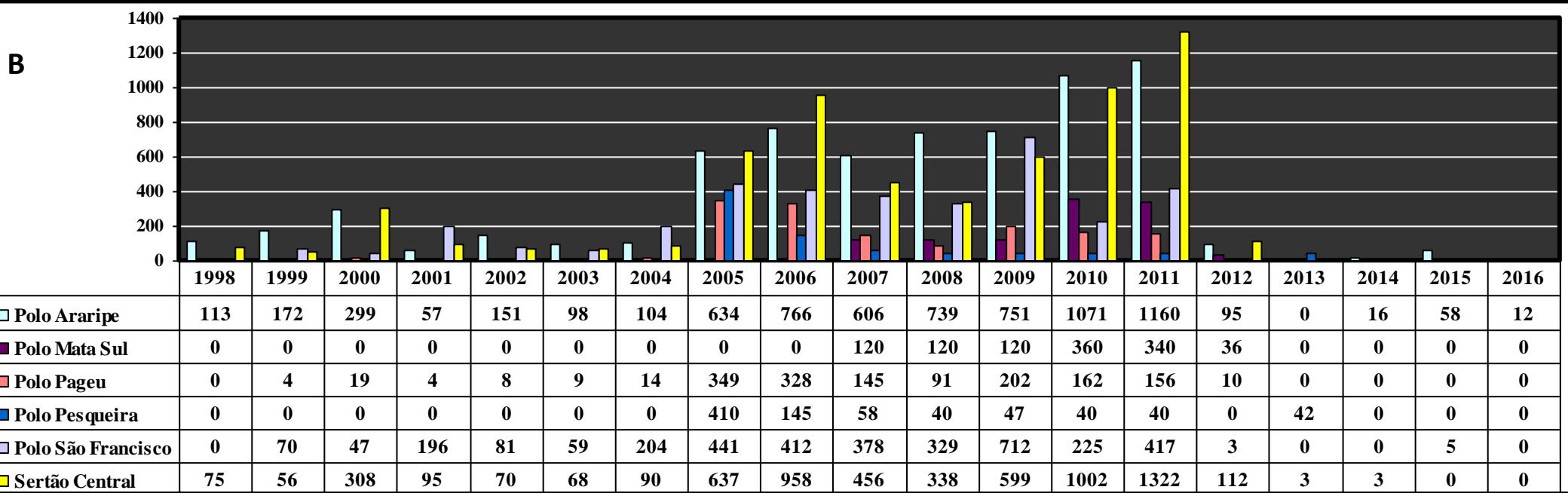
No tocante a aptidão agrícola para o desenvolvimento de oleaginosas é fundamental o entendimento de que no caso pernambucano, seguindo uma tendência de produção para o Nordeste, foi eleita a mamona como espécie padrão. Silva *et al.* (2016), ao entrevistarem atores estatais envolvidos diretamente no processo de implementação dos polos, destacam ser a escolha da mamona como base produtiva uma das decisões mais equivocadas dentro do projeto. A incapacidade de concorrência produtiva com a soja, não pelo teor e qualidade do óleo, mas pelo estágio de desenvolvimento tecnológico da cadeia produtiva dessas espécies, gerou uma dificuldade de atendimento da demanda, culminando com o abandono por parte das usinas.

Ao refletir sobre a produção de biodiesel no Brasil, Rodrigues e Abreu (2016) afirmam que o potencial produtivo da soja é bastante alto uma vez que essa dispõe de um conjunto de tecnologias capazes de gerar uma produção estável e volumosa para atender à demanda energética. É difícil mensurar concorrencialmente contextos onde uma produção ainda é colhida manualmente com uma produção de 500 kg/ha enquanto a outra dispõe de condições de plantio, monitoramento e colheita mecanizados (Silva *et al.*, 2016).

Olhando para a produção de mamona no Estado de Pernambuco (figura 21), nos últimos 18 anos, é possível perceber uma oscilação forte na produção, acompanhando a tendência nacional. Entre os anos 2006 e 2013 é inegável a influência do PNPB na produção do Estado e dos Polos de Produção de Biodiesel, contudo vale destacar que a produção novamente se extingue quando cessada a influência direta do governo Federal.

Um fator que cooperou de forma significativa para a diminuição produtiva no Estado foi o quadro de seca que se instalou a partir de 2010, causando severas perdas econômicas e diminuição no rendimento das lavouras. Associadas à depreciação produtiva, causada pela escassez hídrica, mudanças na normativa que regula o SCS foram fundamentais para o progressivo abandono da mamona. Com a inclusão da agricultura familiar na produção de soja e, a possibilidade de inclusão dessas unidades nas prerrogativas de obtenção do selo, inúmeras unidades de produção de biodiesel direcionaram sua aquisição de matéria prima para esta *commodity*.

Figura 21 - Representação gráfica da produção de momona no Brasil, Nordeste, Pernambuco e nos Polos de Biodiesel do Estado de Pernambuco entre 1998 e 2016.

A**B**

Legenda : A- representação gráfica comparativa da produção, em toneladas, de mamona no Brasil, no Nordeste e em Pernambuco, entre os anos de 1998 e 2016. B- representação gráfica comparativa da produção dos Polos de Biodiesel no Estado de Pernambuco entre os anos de 1998 e 2016.

Fonte: IBGE. Autor: Iwelton Pereira, 2018.

Nesse contexto duas realidades parecem majoritárias na produção agroenergética do Brasil: há um forte direcionamento produtivo para a soja; e esse direcionamento gera uma convergência financeira para regiões onde o poder econômico já está instalado. O principal desafio para o efetivo desenvolvimento do biodiesel no país é a diversificação da matéria prima (SILVA; GRASEL; MERTENS, 2017). Não ter conseguido diversificar a matriz produtiva talvez tenha sido o maior fracasso do PNPB (PINHO; SUAREZ, 2017; SILVA; GRASEL; MERTENS, 2017), tornando-se um ratificador do império da soja sobre vastas porções do território brasileiro (RODRIGUES; ABREU, 2016, SILVA, 2013). Atualmente, apenas 23% da matéria prima do biodiesel não vem da soja (PINHO; SUAREZ, 2017), o que permite que essa *commodity* consolide-se no cenário nacional e amplie-se até novas áreas de ocupação no Norte do país (RIBEIRO *et al.*, 2015).

No Nordeste, diante do panorama já discutido, conclui-se que a receita nacional foi implantada, sem muito sucesso, a fim de eleger uma espécie como catalisador do desenvolvimento econômico regional, à revelia de todas as indicações do PNPB, de que a diversificação da matéria prima era o melhor caminho para fomentar o desenvolvimento (SANTOS, 2017). É nesse contexto que Silva, Grasel e Mertens (2017) afirmam que os resultados do PNPB no Nordeste são frágeis.

Em Pernambuco pode-se dizer que essa fragilidade é bem mais evidente, diante de um percentual bastante inexpressivo na produção regional de oleaginosas (tabela 2), o Estado tem se posicionado muito aquém da posição de destaque que ambiciona com os projetos implementados. Com exceção da uva, que tem importância produtiva no contexto nordestino na ordem de 75%, as demais oleaginosas não somam 2% da produção regional. Qualquer intento de desenvolvimento da produção de biodiesel precisa reconhecer, necessariamente, o potencial oleaginoso não explorado, visando expandir a base produtiva, para direções alternativas.

Tabela 2 - Quantidade produzida de oleaginosas cultivadas em lavouras (temporárias e permanentes) e oriundas de extração vegetal no Brasil, Nordeste e Pernambuco no ano de 2016.

Quantidade produzida de oleaginosas de lavouras (temporárias e permanentes) e extração vegetal - 2016

Produtos selecionados de lavouras e extração vegetal	Brasil	Quantidade produzida (t)			
		Nordeste	% da produção nacional	Pernambuco	
				Lavouras	Produção
Cultivadas					
TOTAL (Oleaginosas)	183 881 774	7 721 557	4,20	132 925	1,72
Algodão herbáceo (em caroço)	3 464 103	954 098	27,54	15	0,00
Amendoim (em casca)	564 785	9 782	1,73	33	0,34
Arroz (em casca)	10 622 189	271 226	2,55	2 207	0,81
Castanha de caju	74 548	72 999	97,92	2 906	3,98
Coco-da-baía (1)	1 766 164	1 355 267	76,74	129 865	9,58
Dendê (coco)	1 647 417	157 845	9,58	0	0,00
Girassol (em grão)	62 689	0	0	0	0
Mamona (baga)	24 620	23 623	95,95	12	0,05
Maracujá	50 204	0	0	0	0
Milho (em grão)	64 143 414	3 161 408	4,93	13 364	0,42
Soja (em grão)	96 296 714	5 145 197	5,34	0	0,00
Tomate	4 167 629	538 566	12,92	53 331	9,90
Urucum (semente)	12 817	2 746	21,42	94	3,42
Uva	984 481	323 955	32,91	242 967	75,00
Extração					
TOTAL (oleaginosas)	68257	65874	96,51	8	0,01
Babaçu (amêndoas)*	61390	61119	99,56	0	0,00
Copaíba (óleo)*	165	0	0,00	0	0,00
Cumaru (amêndoas)	145	0	0,00	0	0,00
Licuri (coquinho)*	3787	3787	100,00	0	0,00
Oiticica (semente)	7	7	100,00	0	0,00
Pequi (amêndoas)*	1471	489	33,24	7	1,43
Tucum (amêndoas)	462	453	98,05	0	0,00
Outros	829	19	2,29	1	5,26

(1) Quantidade produzida em 1 000 frutos

* oleaginosas extrativas com ocorrência em Pernambuco, segundo a literatura (PEREIRA *et al.*, 2014; RUFINO *et al.*, 2008; VEIGA JR; PATITUCCI; PINTO, 1997)

Fonte: IBGE. Autor: Iwelton Pereira, 2018.

A observação da tabela 2 ainda permite a constatação do potencial ocioso de oleaginosas endêmicas não exploradas no Estado. O licuri (*S. coronata*) é um bom exemplo dessa realidade. Com uma produção total no Nordeste de 3.787 toneladas, no ano de 2016, nada foi produzido em Pernambuco. De uso recorrente pelas populações locais do semiárido

(RUFINO *et al.*, 2008), o licuri tem importância ecológica comprovada, tanto para a manutenção da diversidade de epífitas da região (COSTA; FABRICANTE; SIQUEIRA-FILHO, 2016) como para a manutenção da vida silvestre. A Instrução normativa do IBAMA nº 191 de 24 de setembro de 2008, ao considerar a necessidade de proteção da arara-azul-delear (*Anodorhynchus leari*), de ocorrência restrita no Nordeste do Brasil, proibiu o corte de espécimes de licuri nos estados da Bahia, Pernambuco, Alagoas, Minas e Sergipe. A normativa permite a coleta dos frutos e das folhas, desde que não coloquem em risco a vida da planta. A normativa foi publicada considerando-se que o principal alimento desse animal é o fruto do licurizeiro. Como última indicação feita pela instrução do IBAMA está o estímulo ao plantio desta palmeira, garantindo o uso sustentável desse recurso e as condições alimentares de organismos silvestres.

Diante desta realidade percebe-se que embora produtor de um número elevado de oleaginosas, Pernambuco apresenta uma produção desarticulada territorialmente, vinculada predominantemente ao atendimento de demandas locais de pequeno porte. A instalação das unidades de produção de biodiesel, a partir do ano de 2005, se posicionou à margem da produção nacional, não sendo capaz de cumprir seu papel de vetor de desenvolvimento econômico e social. O uso das espécies oleaginosas endêmicas da região tem sido ignorado nos projetos de produção energética do Estado, gerando a potencialização de problemas ambientais oriundos da produção em larga escala de espécies exóticas. A efetivação da proposta de promoção do desenvolvimento social, por parte do PNPB, passa necessariamente pela diversificação da matéria prima, uma vez que permite uma ampla difusão no território dos processos produtivos.

O uso de espécies endêmicas caminha no sentido de garantir o uso das potencialidades locais. O licuri, nesse sentido, apresenta-se como uma escolha prudente, diante de seu potencial oleífero. O domínio das técnicas de produção, contudo, demanda maiores estudos, dentro de um contexto produtivo promissor.

4.2 VIABILIDADE DO USO DE *Syagrus coronata* COMO PRODUTOR DE BIODIESEL EM ÁREAS DE SOLOS DEGRADADOS DO NORDESTE BRASILEIRO

O uso de palmeiras (Arecaceae) para a produção de frutos em larga escala, para diversos fins, tem enfrentado, com frequência, problemas no sentido da dominação de técnicas que permitam um desenvolvimento homogêneo das sementes plantadas. Tal realidade pode ser atribuída, dentre outras características, às condições adaptativas que essas espécies, ao longo do seu processo evolutivo, desenvolveram para proteger seus embriões das condições severas do ambiente, bem como da possibilidade de consumo de seus frutos e sementes por espécies frugívoras e granívoras, dado seu alto potencial nutricional (COSTA; MARCHI, 2008a).

O desenvolvimento de processos de dormências, tanto interna como externa, pode ser apontado como decisivo na lentidão e irregularidade da germinação das sementes desses indivíduos. Isto demanda investimentos que busquem o desenvolvimento de técnicas de superação desses estágios, permitindo a homogeneização do processo produtivo.

Nascimento, Peixoto e Santos (2000) ao estudarem a emergência de sementes de *Syagrus oleracea* (Guariroba) perceberam uma enorme variação no tempo de germinação pós semeadura. Ainda nesse sentido, Drumond (2007) indicou a mesma irregularidade para frutos de *Syagrus coronata* (Licuri), o que confirma as indicações recém mencionadas e, determina que o desenvolvimento de estudos germinativos de espécies dessa família deve seguir protocolos mais precisos.

Outra característica importante nos estudos germinativos diz respeito às condições e períodos de maturação em que os frutos devem ser colhidos, para o desenvolvimento de plântulas de boa qualidade, que possam gerar mudas saudáveis, aptas ao plantio. Corrijo, Reis e Netto (2013) estudando a influência de tais características na germinação de sementes de *S. oleracea*, indicaram um maior percentual germinativo, nos grupos oriundos de sementes maduras de coloração mais avermelhada. Resultados semelhantes também foram encontrados por Pivetta *et al.* (2005) ao estudarem *Thrinax parviflora*, uma espécie de palmeira típica da Jamaica; por sua vez, Ralph *et al.* (2013) e Medeiros *et al.* (2015) encontraram resultados no mesmo contexto ao trabalharem com *S. coronata*.

Diante de tais características e particularidades para o desenvolvimento de processos germinativos laboratoriais de palmeiras, deve-se atentar para o fato de que existem técnicas desenvolvidas que buscam acelerar o processo germinativo (COSTA; MARCHI, 2008b), visando auxiliar no empreendimento de usos econômicos viáveis dos indivíduos de tais espécies.

Nesse sentido, alguns ensaios desenvolvidos durante a presente perquisição buscaram confirmar as indicações de literatura e investigar possíveis substratos viáveis para o desenvolvimento do licuri, bem como a interferência das concentrações de sódio presentes no solo estudado.

As amostras de solo, coletadas em campo, foram enviadas para análise no Laboratório de Fertilidade do Solo, da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), e indicaram uma diferença acentuada nas concentrações de sódio (Na^+) (tabela 3) entre as amostras de solo estudadas.

Tabela 3 - Análise química das amostras de Neossolo Flúvico coletadas na ilha da Assunção no município de Cabrobó-PE, adicionadas de vermiculita (na proporção solo/vermiculita de 10/1).

	P mg/dm³	pH (H₂O)	cmol_c/dm³						Calagem t/ha	cmol_c/dm³		% V
			Ca⁺⁺	Mg⁺⁺	Na⁺	K⁺	Al⁺⁺⁺	H⁺		S	CTC	
Solo controle	43	5,00	2,20	2,30	0,19	0,22	1,50	4,68	3,0	4,9	11,1	44
Solo salinizado	7	6,40	5,25	6,00	11,0	0,30	0,00	0,74	-	22,6	23,3	97

Legenda: Solo controle - amostras de solo coletada em área de Caatinga onde nunca foi desenvolvida atividade agrícola. Solo Salinizado - amostras de solo coletadas em área abandonadas de cultivo, com indicações de processo de salinização. S - bases trocáveis. CTC - capacidade de troca catiônica. V - saturação por bases.

Fonte: Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), adaptado pelo autor.

As amostras de solo oriundas de área de exploração agrícola (solo salinizado) apresentam concentrações de Na^+ cerca de 57 vezes maior do que aquelas encontradas nas amostras provenientes de área de vegetação natural de Caatinga (solo controle). Considerando que a definição de solo salino determina que os valores de NaCl devam ser superiores a 40 mM (aproximadamente 4 cmol_c/dm³) (FERREIRA-SILVA *et al.*, 2010) e considerando ainda que valores de Na^+ superiores a 3 cmol_c/dm³ são interpretados como elevados (SOBRAL *et al.*, 2015), pode-se afirmar que as amostras coletadas (e utilizadas nesse estudo) podem ser divididas em salinizadas (11 cmol_c/dm³) e não salinizadas (controle - 0,19 cmol_c/dm³), ou ocorrentes em área de vegetação natural de Caatinga.

4.2.1 Germinação de sementes em substrato

As múltiplas dificuldades de germinação de palmeiras, têm fomentado um conjunto de técnicas pré germinativas, que buscam homogeneizar e acelerar o processo de desenvolvimento de indivíduos saudáveis, em condições controladas. Esses processos são importantes dadas as dificuldades mecânicas, materializadas por um endocarpo altamente desenvolvido e sólido que não permite a fácil passagem das águas, que, por sua vez,

dificultam as reações químicas fundamentais para o inicio do processo germinativo (COSTA; MARCHI, 2008a).

Batista (2012) e Bovi (1990) indicam que a ausência de água é um dos principais fatores que inviabilizam o desenvolvimento do embrião. Estes ainda destacam que, em se tratando de Arecaceae (tomando como exemplo o palmiteiro - *Euterpe edulis*), o endocarpo fibroso acaba por dificultar o contato da água (exterior) com o endosperma e o embrião. Para superar essas dificuldades diversos autores têm adotado técnicas de pré-embebeção das sementes, com e sem o endocarpo, por períodos distintos, em água (BOVI, 1990; YANG; YE; YIN, 2007; LOPES *et al.*, 2011; CARVALHO *et al.*, 2015). Essa técnica busca permitir que a água, ao penetrar o endocarpo, provoque a expansão do endosperma facilitando o desenvolvimento do embrião e emergência da plântula.

No presente estudo, a despeito da técnica mencionada, optou-se por não adotar tal procedimento, buscando causar a menor interferência possível na dinâmica natural da planta. Diante disso, optou-se primeiramente por utilizar sementes nativas, sem interferência na disponibilidade de água presente do endosperma.

Outra técnica possível de ser utilizada é a escarificação química. Neste estudo optou-se pelo não uso desse mecanismo por entender que a escarificação química é incapaz de romper a dormência exógena dessas plantas. Yang, Ye e Yin (2007), ao estudarem *Areca triandra* (Arecaceae), perceberam que a escarificação mecânica é bem mais indicada por conseguir romper o endocarpo e permitir a passagem de água para a semente.

Decorridos 200 dias do início do experimento foi possível observar o número total de sementes germinadas dentro dos diversos grupos. A irregularidade germinativa observada por diversos autores (CORRIJO; REIS; NETTO, 2013; DRUMOND, 2007; MEDEIROS *et al.*, 2015; NASCIMENTO, PEIXOTO; SANTOS, 2000; RALPH *et al.*, 2013), pôde ser confirmada. Dos 48 pirêniós fisicamente escarificados postos para germinar apenas 9 (18,7%) apresentaram protusão radicular, sendo considerados germinados, contudo, destes apenas 5 (10,4%), que emergiram do solo.

O grupo de sementes que recebeu como substrato a vermiculita (V) apresentou o maior percentual de emergência, contudo, esses valores ficaram limitados a 33,3%. Ralph *et al.* (2013) ao estudarem a mesma espécie encontraram valores semelhantes de germinação. Contudo, avaliaram seu desenvolvimento em detrimento da maturação do fruto e das temperaturas de acondicionamento. Deve-se destacar que, assim como o presente estudo, os autores não fizeram uso de tratamento pré-germinativo, descartando, até a própria escarificação do endocarpo, adotada nesta perquisição.

O uso da vermiculita como substrato, parece ter sido importante para a garantia do sucesso germinativo. A vermiculita expandida foi utilizada considerando-se seu uso recorrente em processos germinativos e na horticultura. Sua capacidade de retenção de umidade, associada às características inodoras e não abrasivas, com pH neutro (próximo a 7), torna esse mineral como um bom substrato para processos iniciais de desenvolvimento de sementes, das mais variadas espécies (LUZ; LINS, 2005), tanto para uso comercial como científico.

Luz e Lins (2005), ao descreverem esse mineral, explicam que a vermiculita é um silicato hidratado de magnésio, alumínio e ferro, que possui uma estrutura micácea-laminar e clivagem basal, da família dos filossilicatos (silicatos em folha). É um mineral expandido, que pode ser apresentado comercialmente em três granulometrias (média, fina, superfina). A vermiculita expandida é muito utilizada na agricultura para germinação de sementes e para conferir porosidade aos solos e melhorar a retenção de água por eles, promovendo a aeração e estímulo à absorção de nutrientes pelas raízes das plantas, bem como melhoramento do pH de solos ácidos e argilosos.

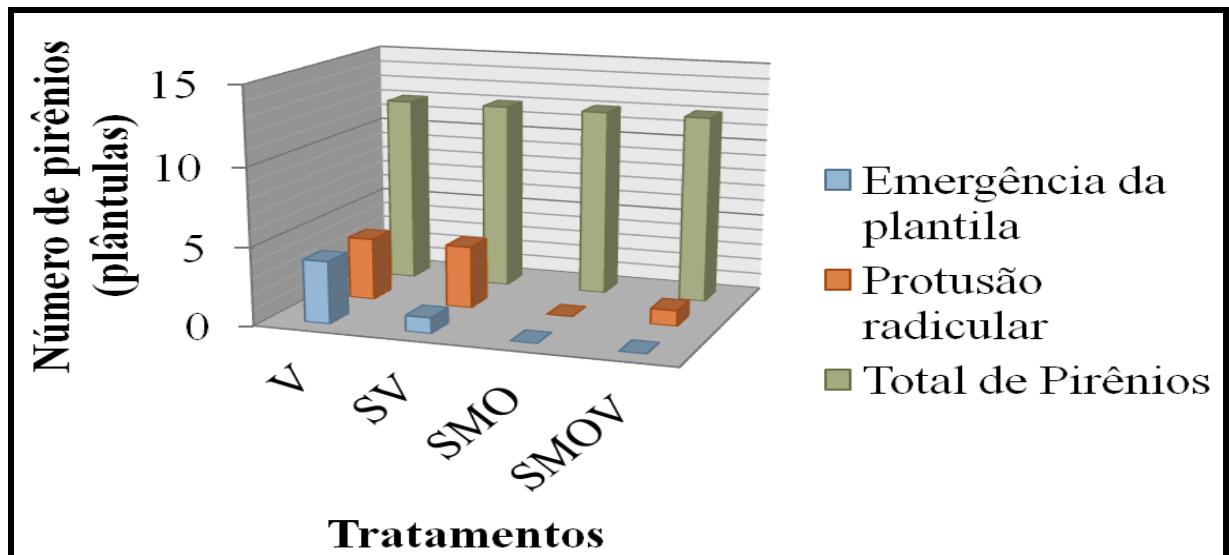
Martins *et al.* (2012) ao analisarem a germinação de *Tabebuia chrysotricha* (ipê-amarelo) em vermiculita de diferentes granulometrias, em comparação com solo, areia e papel toalha, concluíram ser a vermiculita o substrato que garante o maior percentual germinativo e menor taxa de mortalidade de sementes. Batista *et al.* (2011) ao estudarem os aspectos morfológicos dos diásporos e plântulas de *S. oleracea* (Guariroba), utilizaram vermiculita expandida média como substrato germinativo, obtendo altas taxas de emergência.

Medeiros *et al.* (2015) e Santos-Moura *et al.* (2016) ao estudarem *S. coronata* também fizeram uso da vermiculita expandida de granulometria média para germinação das sementes e obtiveram sucesso com esta metodologia. Assim, deve-se considerar pertinente o uso da vermiculita como substrato neste estudo, a fim de que funcionasse como agente melhorador da granulometria dos solos estudados, dada suas características argilosas.

O tratamento que consistiu na mistura solo + vermiculita (SV) apresentou percentual de germinação (33,3%) igual ao observado no grupo V. A irregularidade do desenvolvimento germinativo de *S. coronata*, também foi apontada por Drumond (2007), em documento produzido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Medeiros *et al.* (2015) obtiveram um percentual de 22% de germinação de pirênios de *S. coronata*, sem uso de tratamento pré-germinativo. Os mesmos autores perceberam um aumento de 7%, nesse percentual, ao embeberem os pirênios em água, por 24h. Obtiveram, ainda, mais de 60% de germinação ao tratarem os pirênios com soluções ácidas, pelo mesmo período de tempo.

É importante que se destaque que no grupo V, todas as sementes germinadas apresentaram emergência foliar, ao passo que no grupo SV, das 4 sementes germinadas apenas 1 apresentou desenvolvimento foliar (Figura 22). Essas distinções podem estar vinculadas a possíveis retardos no tempo de desenvolvimento do embrião no solo salinizado (ANDRÉO-SOUZA *et al.*, 2010).

Figura 22 - Sucesso germinativo dos pirênios de *Syagrus coronata* (licuri) germinados em diferentes substratos.



Legenda: V - vermiculita. SV - solo + vermiculita. SMO - solo + matéria orgânica. SMOV - solo + matéria orgânica + vermiculita.

Fonte: Iwelton Pereira, 2018.

O Grupo depositado na mistura solo + matéria orgânica (SMO) não apresentou nenhuma semente germinada. Já o grupo depositado na mistura solo + matéria orgânica + vermiculita (SMOV), apresentou apenas uma semente (8,33%) com emissão da radícula. Contudo, quando retirada do substrato para análise, a radícula encontrava-se atrofiada e morta. Isso demonstrou que a semente não foi capaz de manter seu desenvolvimento no substrato analisado.

Andréo-Souza *et al.* (2010) estudando sementes de *Jatropha curcas* (pinhão-manso), indicou retardo no desenvolvimento germinativo em detrimento da presença de sais no substrato. Os autores vinculam esse retardo pelo efeito osmótico que os sais provocam no tecido da semente, diminuindo a presença de água, fundamental para o desenvolvimento inicial da planta. Galdino *et al.* (2017) investigando a mesma espécie indicou um retardo de crescimento, em detrimento do estresse osmótico gerado pela presença elevada de sódio no solo. Embora a espécie utilizada por esses autores seja de família distinta daquela aqui

investigada, esses resultados ajudam a compreender como o estresse salino pode influenciar a diferenciação germinativa entre os grupos analisados.

As características físicas do substrato parecem gerar uma clara distinção entre os grupos. Embora a condição de salinidade possa levar a dificuldades germinativas, provocando desequilíbrio osmótico e, causando interferências no desenvolvimento das estruturas da planta (GALDINO *et al.*, 2017), para a fase inicial de emissão da radícula a condição do substrato pareceu mais importante. Os tratamentos que apresentaram adição de matéria orgânica como incremento não conseguiram garantir o desenvolvimento da plântula nem o desenvolvimento do pecíolo, uma vez que não modificavam consideravelmente a morfologia do solo. As condições salinas pareceram interferir no processo de desenvolvimento da planta, dificultando a absorção de água e provocando a morte do embrião germinado.

Talvez, para entender os motivos que levaram as sementes estudadas a desenvolverem-se melhor em substratos mais porosos, seja necessário considerar que o endosperma, nesse momento do desenvolvimento da planta, tem função principal de nutrição (PAIVA NETO, 2014), garantindo as condições necessárias para o desenvolvimento embrionário. O equilíbrio osmótico, nesse sentido, foi fundamental para a formação da plântula, fazendo com que os embriões germinados não chegassem a gerar indivíduos saudáveis. A hiperosmolaridade restringe a absorção de água pela raiz (FERREIRA-SILVA *et al.*, 2010) gerando estresse hídrico fisiológico, podendo acarretar a inviabilidade da plântula.

Assim, não é intuito da presente discussão descartar as interferências, no processo germinativo, que as condições salinas podem gerar, uma vez que considera-se, como já discutido anteriormente, que os sais presentes no substrato podem agir como inibidores do processo, retirando água do endosperma, e retardando o tempo de germinação. Essas condições de retardo no desenvolvimento da plântula ficaram claras no tempo de emergência da plântula. O tempo médio de desenvolvimento das plântulas depositadas no substrato V, foi de 75 dias ao passo que a semente germinada no substrato SV o tempo de emergência foi 129 dias.

A escarificação mecânica pareceu ser bastante importante para permitir a penetração da água e garantia do inicio do processo de germinação. A remoção total do endocarpo não foi realidade em detrimento das observações de Carvalho *et al.* (2005), que ao analisarem os processos germinativos de *S. coronata*, indicaram que a exposição total do endosperma gera um retardo no tempo de germinação, e uma deterioração dos tecidos. Indicando, por fim, que a manutenção da estrutura protetora é indicada para a germinação em substrato.

4.2.2 Germinação de semente *in vitro*

O meio de cultura busca prover o embrião de todos os nutrientes necessários para o seu pleno desenvolvimento. Contudo, a adição de compostos ao meio de cultura é comum para suprir possíveis demandas específicas, a exemplo da adição de ágar, de sacarose, de carvão ativado etc., conforme descrevem Spera *et al.* (2001), Pereira *et al.* (2003), Houllou *et al.* (2014), Medeiros *et al.* (2015), dentre outros.

O cultivo *in vitro* busca criar condições controladas de desenvolvimento inicial de embriões de espécies vegetais garantindo as melhores condições físico-químicas para a emergência e desenvolvimento dos explantes, que poderão gerar indivíduos adultos saudáveis. Ainda podem auxiliar no processo de análise de espécies com dificuldades germinativas, por condições morfológicas de estruturas externas (RIBEIRO *et al.*, 2011; PEREIRA *et al.*, 2006).

Além de permitir a aceleração do processo germinativo, garante, ao pesquisar, a possibilidade de observar, de forma direta, o processo de maturação do embrião, em detrimento do tempo de cultivo. Diante dessa realidade diversos estudos têm utilizado essa técnica como forma de homogeneizar os processos germinativos e estudar as características biológicas de diversas espécies.

A retirada do embrião do endosperma cria um conjunto de demandas nutricionais que deverão ser supridas pelo meio de cultura onde será inoculado. Nesse sentido, a seleção do meio mais apropriado é fundamental para a garantia do sucesso do processo germinativo.

Tradicionalmente, embriões de palmeiras têm apresentado maior adaptabilidade ao meio MS (SPERA *et al.*, 2001; MELO *et al.* 2001; PEREIRA *et al.*, 2006; SOARES *et al.*, 2011). Dentre as características que tornam esse meio mais apto a desenvolver essas espécies está sua alta disponibilidade de sais (MEDEIROS *et al.*, 2015).

Porém, Bonetti (2015) e Medeiros *et al.* (2015) ao compararem o meio MS (MURASHIGE; SHOOG, 1962) com o Meio Y3 (EEUWENS *et al.*, 1976) para germinação de *S. coronata*, chegaram à conclusão de que este produz as maiores taxas de germinação, bem como um melhor desenvolvimento das raízes. Medeiros e colaboradores (2015) ainda afirmam que o meio Y3 tem o dobro de potássio que o MS, o que, segundo os autores, apoiados em Ribeiro e Teixeira (2008), este elemento é fundamental para o crescimento da planta e desenvolvimento radicular.

Ribeiro *et al.* (2011) ao estudarem *Butia capitata* - coquinho-azedo, optaram por utilizar o método de germinação *in vitro*, adicionando, progressivamente, quantitativos de sais no meio para estimular a germinação. Indicaram, por fim, que o incremento de sais auxilia no

desenvolvimento das raízes, embora não gere interferência no tempo de emergência dos embriões.

Spera *et al.* (2001), Pereira *et al.* (2003) e Soares *et al.* (2011), ao analisarem germinação de sementes de *Mauritia flexuosa* - Buriti, *Astrocaryum ulei* - Murumuru e *Acrocomia aculeata* - Macaúba, utilizaram da germinação *in vitro* como melhor método para atingir seus objetivos. Estes autores, indicaram predominância de sucesso, contudo, sem aceleração do tempo de maturação para os tratamentos propostos.

4.2.2.1 Germinação de explantes: sem ácidos liquênicos X com ácidos liquênicos

A inserção do extrato liquênico no meio de cultura, buscou identificar possíveis alterações no desenvolvimento do embrião, geradas por esses compostos, determinando prováveis capacidades estimulantes ou inibidoras.

Sedia e Ehrenfeld (2003) ao estudarem o processo de regeneração de uma região do New Jersey Pinelands, no sul do estado de New Jersey, nos Estados Unidos da América, que havia passado por um incêndio ambiental, observaram que comunidades de liquens tinham o poder de inibir o desenvolvimento de algumas espécies de vegetais. Esse caráter inibitório de germinação e desenvolvimento, já é observado há bastante tempo, a exemplo das observações feitas em 1974, por Brown e Mikola, em seu trabalho intitulado "*The influence of fruticose soil lichens upon the mycorrhizae and seedling growth of forest trees*".

Tigre *et al.* (2015) observaram que ácidos isolados do líquen *Cladonia verticillaris* estimularam o crescimento radicular de plantas de *Lactuca sativa* (alface). Adicionalmente, sabe-se que os ácidos liquênicos possuem forte poder antibiótico e antimicótico (MACIAG-DORSZYŃSK; WEGRZIN; GUZOW-KRZEMIŃSKA, 2003), e que a contaminação dos meios de cultura, por fungos e bactérias, gera grande prejuízo e perda de amostras. Tais informações indicam a possibilidade de desenvolvimento de estudos que possam averiguar simultaneamente o potencial de estímulo germinativo e de supressão de processos contaminantes em meios de cultura de embriões vegetais.

Neste trabalho a adição do extrato liquênico foi feita em dois momentos: no ato da inoculação dos explantes no meio, ou após 60 dias da inoculação, já com a imissão do protófilo. Os dois grupos foram analisados separadamente por contarem com quantitativos distintos de embriões. O grupo 1 (G1) contou inicialmente com 98 embriões inoculados, sem adição dos ácidos liquênicos. Após 10 dias de montagem o grupo 1 apresentou contaminação de 41,7% (41 embriões). Após 60 dias, momento em que foi adicionado o extrato liquênico, haviam contaminado mais 17 indivíduos, resultando num aproveitamento de 41,6% (40

embriões). A contaminação se deu por fungos e bactérias que se desenvolveram no meio, durante o desenvolvimento das plântulas.

Após essa primeira fase de desenvolvimento (60 dias) foi adicionado, durante a troca de meio, o extrato liquênico, e foi observado por mais 30 dias o desenvolvimento das plântulas, a fim de perceber interferências na taxa de contaminação e no desenvolvimento dos indivíduos.

Aos 90 dias de desenvolvimento as plântulas sobreviventes (tabela 4) mostraram-se, segundo analise de ANOVA, diferentes em relação ao controle, contudo não apresentaram diferença entre os grupos tratados, na taxa de contaminação. É possível que a adição do extrato liquênico, ao final do período de crescimento *in vitro* não interfira na taxa de contaminação.

Tabela 4 - Contaminação de plântulas de *Syagrus coronata* germinadas *in vitro*, após 30 dias de adição de diferentes concentrações de extrato de *Cladonia substellata*.

	Controle	T1	T2	T3
Íntegros	8a	5b	5b	4b
Contaminadas	2b	5a	5a	6a

Legenda: T1 - adição de 0,005 mg de extrato liquênico de *Cladonia substellata*. T2 - adição de 0,01 mg de extrato liquênico de *C. substellata*. T3 - adição de 0,02 mg de extrato liquênico de *C. substellata*. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p<0,05$). $n = 10$ para todos os tratamentos.

Fonte: Iwelton Pereira, 2018.

Picolotto *et al.* (2007) indicam o controle da contaminação como parte fundamental da produção *in vitro* de mudas. Os autores estudaram a fase de desinfestação (antes da inoculação do explante) como momento preponderante para a prevenção da contaminação por fungos e bactérias, utilizando duas concentrações de hipoclorito. No presente estudo a desinfestação também foi feita por hipoclorito (tópico 3.6.1) indicando que a contaminação observada não está relacionada a falhas no estágio de preparação dos embriões.

Pereira e Fontes (2003) indicam que a contaminação de espécies é danosa para os explantes porque o fungo e bactérias competem pela absorção de nutrientes, gerando indisponibilidade nutricional e crescimento irregular na amostra. A adição de antibióticos ao meio foi o caminho utilizado pelos autores para evitar a contaminação. Nesta pesquisa não foi adicionado nenhum tipo de antibiótico ao meio, a fim de garantir a menor interferência possível, permitindo a observação da ação dos ácidos liquênicos como agentes inibidores desse processo.

No grupo 2 a adição do extrato liquênicos foi feita durante a inoculação do explante ao meio de cultura. Os tratamentos foram então separados em controle, T1, T2 e T3, com 17 embriões por tratamento. Aos 10 dias pós montagem não foi observada nenhuma contaminação. Não se pode inferir que nesse momento tal fato se deva a adição do extrato liquênico uma vez que o controle não apresentou contaminação. Após 30 dias de montagem o quantitativo de material contaminado foi diferente entre os tratamentos indicando uma interferência da adição do extrato liquênico (tabela 5).

Tabela 5 - Contaminação de plântulas de *Syagrus coronata* germinado *in vitro*, após 30 dias de crescimento na presença de diferentes concentrações de extrato de *Cladonia substellata*.

	Controle	T1	T2	T3
Integros	14ab	16a	7c	13b
Contaminadas	3bc	1c	10a	4b

Legenda: T1 - adição de 0,005 mg de extrato liquênico de *Cladonia substellata*. T2 - adição de 0,01 mg de extrato liquênico de *C. substellata*. T3 - adição de 0,02 mg de extrato liquênico de *C. substellata*. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p<0,05$). $n = 17$ para todos os tratamentos.

Fonte: Iwelton Pereira, 2018.

O T2 mostrou-se diferente de todos os outros tratamentos, apresentando um número maior de explantes contaminados, o que indica que a adição de 0,01 mg de extrato liquênico não gerou inibição do desenvolvimento bacteriano e fúngico no meio. O controle, embora tenha diferido do T2, não mostrou-se diferente do T1 e T3. Embora iguais ao controle os grupos T1 e T3 mostraram-se diferentes entre si. Tal fato indica que todos os tratamentos apresentaram diferença segundo a análise de ANOVA.

Ankith *et al.* (2017) e Maciąg-Dorszyński, Wegrzin e Guzow-Krzemińska (2003), ao estudarem a ação antibacteriana e antifúngica de extratos liquênicos com predominância de ácido úsnico perceberam que para algumas espécies o extrato apresentava potencial inibidor de desenvolvimento, contudo não deixaram claro se elevações progressivas nas concentrações desses extratos relacionavam-se com a diminuição das taxas de proliferação bacteriana ou fúngica.

As trocas de meio do G2, pós 30 dias, não contaram com nova adição do extrato liquênico, o que pode ter diminuído a inibição do desenvolvimento de organismos contaminantes. Obteve-se, portanto, um número de seis plântulas não contaminadas no controle, 12 plântulas no T1, quatro plântulas no T2 e seis plântulas do T3 indicando uma

manutenção da tendência de perdas observadas no G1 e uma diferenciação entre grupos do período 30 dias do próprio G2.

Os resultados aqui apresentados mostraram não haver uma relação direta entre o incremento nas concentrações do extrato liquênico e o percentual de contaminação. Indicaram, contudo, que a concentração de 0,01 mg é a que menos inibiu o desenvolvimento das estruturas contaminantes do meio, ao passo que a concentração de 0,005 apresentou a menor quantidade de explantes contaminados. Moura *et al.* (2017) perceberam que concentrações menores de extrato de *C. substellata* apresentaram maior sucesso na inibição de desenvolvimento de *Staphylococcus* spp.

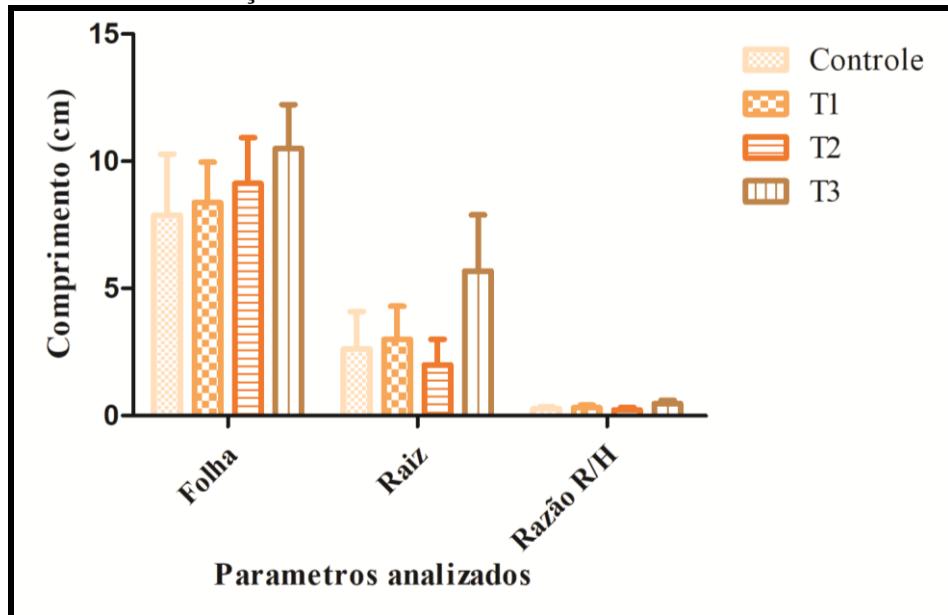
A análise da taxa de contaminação das amostras de cultivo *in vitro* é utilizada constantemente para determinar a viabilidade do desenvolvimento em larga escala das espécies estudadas (ARRUDA *et al.*, 2017). Altas taxas de contaminação geram perdas econômicas significativas. Nesse sentido, o desenvolvimento de técnicas que possam ter efeito antiproliferativo de contaminantes no meio de cultivo *in vitro* é fundamental para o sucesso de empreitadas produtivas.

4.2.2.2 Desenvolvimento de explantes, em meio de cultura, na presença dos ácidos liquênicos.

O desenvolvimento do embrião varia de acordo com os nutrientes disponíveis no meio. Nesse sentido, a contaminação do meio de cultura pode afetar a disponibilidade de nutrientes no meio, sendo indicado o descarte das plantas em meio contaminados (PEREIRA; FONTES, 2003). Atendendo tal prerrogativa, o número de espécimes para análise foi reduzido gerando a necessidade de uniformização dos grupos, em número, para o tratamento estatístico dos resultados.

As plântulas do Grupo 1 (G1) resultantes do processo germinativo passaram por medição de tamanho da raiz, e folhas, além da determinação da razão raiz/altura (figura 23), para verificar a interferência da presença do extrato liquênico no meio de cultura no desenvolvimento das estruturas da planta. Ao se considerar o poder inibidor de desenvolvimento que os liquens podem exercer sobre algumas espécies (SEDIA; EHRENFELD, 2003) avaliar o desenvolvimento da plântula na presença do extrato liquênico é fundamental.

Figura 23 - Tamanho de folha e raiz de *Syagrus coronata* germinada *in vitro*, após 30 dias de adição de diversas concentrações do extrato de *Cladonia substellata*.



Legenda: T1 - adição de 0,005 mg de extrato liquênico de *C. substellata*. T2 - adição de 0,01 mg de extrato liquênico de *C. substellata*. T3 - adição de 0,02 mg de extrato liquênico de *C. substellata*. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p<0,05$). Os dados são média ± Desvio Padrão. $n = 4$ para todos os tratamentos.

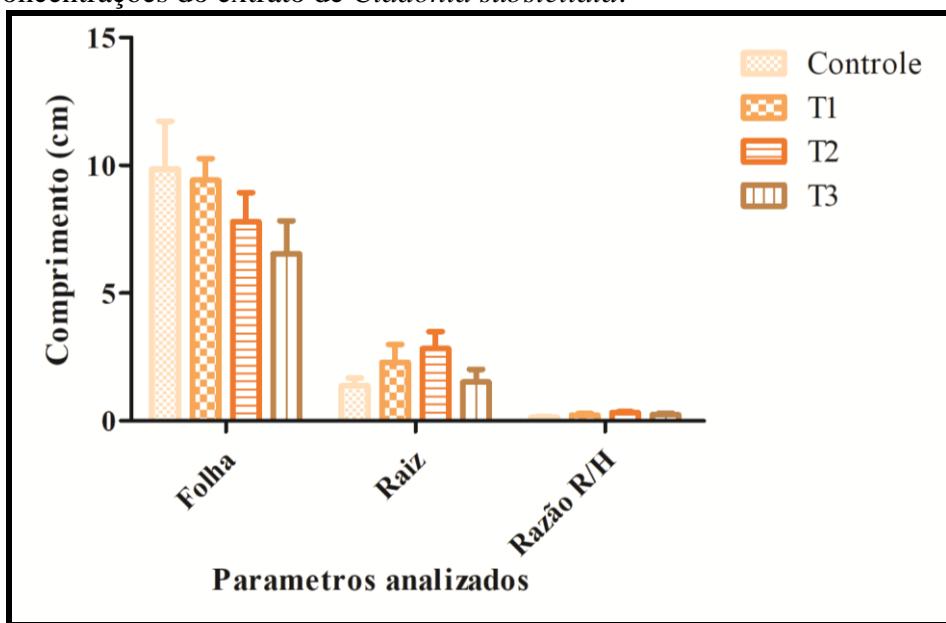
Fonte: Iwelton Pereira, 2018.

Os resultados obtidos demonstraram que embora tenha havido uma diferença entre o grupo controle e os tratamentos no número de plântulas contaminadas, não houve diferença estatística entre os grupos observados, no que se refere ao comprimento da raiz, tamanho da folha e razão entre esses parâmetros R/H. O Grupo 2 (G2) comportou-se de forma semelhante (figura 24), não apresentando diferenças marcantes entre os grupos para essas medidas.

A similaridade estatística entre os tratamentos do G2 é mais interessante, comparado ao G1, uma vez que eles apresentaram diferença acentuada no quantitativo de explantes contaminados. Tal fato indica que as concentrações utilizadas, independente do momento da administração do extrato liquênico, não foram capazes de gerar estímulo ou inibição no desenvolvimento da radícula nem da parte aérea.

A razão R/H indicou valores muito próximos ao zero. Valores abaixo de um indicam predominância da parte aérea em detrimento de uma raiz menos desenvolvida (SILVA *et al.*, 2012). A tipologia morfológica das espécies deve ser levada em conta, bem como a condição de meio de cultura, onde a planta demanda menos esforço para a obtenção de nutrientes no substrato, vinculada a uma expansão maior do comprimento radicular.

Figura 24 - Tamanho de folha e raiz de *Syagrus coronata* germinada *in vitro* na presença de diversas concentrações do extrato de *Cladonia substellata*.



Legenda: T1 - adição de 0,005 mg de extrato líquênico de *C. substellata*. T2 - adição de 0,01 mg de extrato líquênico de *C. substellata*. T3 - adição de 0,02 mg de extrato líquênico de *C. substellata*. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$). Os dados são média ± Desvio Padrão. $n = 4$ para todos os tratamentos.

Fonte: Iwelton Pereira, 2018.

Silva *et al.* (2012) avaliando a razão R/H em plântulas de tomateiro submetidas a estresse luminoso, observou valores menores do que em ensaios com plantas submetidas a ausência de luz. O fotoperíodo utilizado neste estudo foi de 16/8 h (luz/escuro), descartando-se qualquer interferência da luminosidade na sala. Aroucha e Aroucha (2013) lembram que as plantas de licuri não têm uma raiz principal bem desenvolvida, sendo composta por uma grande quantidade de raízes menores que dão sustentação a estrutura. Drumond (2007) menciona que o licuri se desenvolve tanto em solos profundos como em pedregosos e rasos, demandando raízes menos profundas por ocorrência em estruturas pedológicas tão distintas.

O efeito alelopático exercido comumente por metabólitos secundários líquênicos sobre espécies de plantas (SEDIA; EHRENFELD, 2003), quando em cultivo *in vitro* está diretamente ligado à concentração administrada ao meio, o volume do meio, e a capacidade de retenção da semente ou explante (TIGRE, 2015). Nesse sentido é possível que as concentrações administradas não tenham sido suficientes para gerar efeito alelopático. Adicionalmente é possível perceber que não houve estímulo no desenvolvimento, deixando claro que as concentrações estudadas não causam nenhuma interferência no desenvolvimento dos explantes de *S. coronata*, embora tenha diminuído consideravelmente a taxa de

contaminação do meio, em concentrações específicas, quando adicionado no momento da inoculação embrionária.

4.2.3 Crescimento inicial de *Syagrus coronata* em solos salinizados

A vermiculita foi utilizada como condicionante de solo para conferir porosidade ao substrato. As características argilosas do Neossolo Flúvico coletado geraram a necessidade de condicionamento para o crescimento inicial das plantas em estufa. As condições neutras da vermiculita, descritas anteriormente, permitiram o desenvolvimento do estudo sem grandes interferências nas características químicas do solo.

O excesso de sais solúveis e/ou de sais trocáveis, nos horizontes ou camadas superficiais do solo, que podem gerar dificuldades de desenvolvimento de vegetais, é definido como salinidade. Esse processo, que possui origem natural e antrópica tem sido fonte de grandes preocupações na agricultura moderna (SCHOSSLER, 2012), em especial, em regiões semiáridas onde as altas taxas de evapotranspiração aumentam a disponibilidade desses sais no ambiente.

As plantas, por sua vez, apresentam diferentes graus de resistência ao incremento de sal ao meio (HOLANDA, 2006). Essas diferenças permitem o estudo de espécies com potencial de desenvolvimento em ambientes salinizados para fins comerciais.

As plantas de *S. coronata* sobreviventes do G2, diante da não diferenciação no desenvolvimento, face a presença de liquens foram divididas em dois grandes grupos de forma aleatória para deposição nos solos. Os grupos contaram com 14 indivíduos cada (28 no total) e ficaram no solo por 120 dias. A mortalidade das plantas foi bastante alta para os dois grupos (Controle - 50% e Salinizado - 71%), apresentando diferença estatística segundo análise de ANOVA e pós teste de Bonferroni. A análise do tamanho de folha e da raiz, bem como a razão R/H (tabela 6) não apresentaram diferenças significantes, demonstrando que para a espécie analisada embora possam haver variações na mortalidade de indivíduos estabelecidos no solo, aqueles que lograram estabelecimento não apresentaram diferenças morfológicas no comprimento da folha.

Tabela 6 - Tamanho de folha e raiz de *Syagrus coronata* germinada *in vitro* após 120 dias de desenvolvimento em amostras de Neossolo Flúvico com diferentes concentrações de sódio.

	Controle	Salinizado
Folha (H)	16,93a ± 4,0	14,40a ± 1,9
Raiz (R)	5,68a ± 1,4	4,03a ± 1,5
Razão (R/H)	0,34a ± 0,1	0,28a ± 0,1

Legenda: Controle - concentração de Na^+ de 0,19 cmol_c/dm³. Salinizado - concentração de Na^+ de 11 cmol_c/dm³. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p<0,05$). Os dados são média ± Desvio Padrão.

Fonte: Iwelton Pereira, 2018.

Marashi *et al.* (2017) ao estudarem cinco espécies de palmeiras submetidas a estresse salino em cultivo hidropônico, perceberam que três delas apresentaram resistências à concentração de sódio investigada, indicando que ser possível o desenvolvimento de palmeira em ambientes salinos ou salinizados. Al Kharusi *et al.* (2017) ao estudarem diferentes tipos de palmeiras submetidas ao estresse salino indicaram uma alta variabilidade de resposta, explicando que a adaptação à salinidade é extremamente variável entre plantas, culturas e até indivíduos.

As dificuldades que plantas apresentam em se desenvolverem em substratos com alta concentração de sais reside no fato de que a alta concentração de sódio causa deficiência intracelular de potássio, gerando desequilíbrio na relação K^+/Na^+ (HASEGAWA, 2013). Galdino *et al.* (2017) indicam ser o potássio o elemento de maior mobilidade na planta e responsável pelo controle da abertura estomática, também interferindo no processo de respiração e na fotossíntese desses organismos (FERREIRA-SILVA *et al.*, 2010). Nesse sentido é possível que a mortalidade observada nos organismos depositados em solos salinizados esteja vinculada a estas condições.

4.2.4 Desenvolvimento de sementes de *Lycopersicon esculentum* e de *Lactuca sativa* *in vitro* e em solos salinizados

Os testes de germinação permitem conhecer os processos iniciais de desenvolvimento das espécies. São desenvolvidos no sentido de controlar os fatores externos de forma a garantir a observação das respostas dos organismos a determinados estímulos. Fatores inerentes às sementes e as características da própria espécie podem gerar respostas alternativas. Para garantir a lisura dos resultados observados, testes adicionais podem ser

realizados com outras espécies, cuja seleção para estudos comparativos, precisa resguardar alguns cuidados, para que extrações indevidas não sejam feitas.

O uso de espécies padrão, como o *Lycopersicon esculentum* e *Lactuca sativa* constitui uma alternativa, uma vez que o processo de desenvolvimento dessas espécies é amplamente descrito na literatura. Outra opção possível é buscar espécies de mesma família que apresentem processo germinativo similar, porém, a exemplo da *S. coronata*, elas tendem a apresentar a mesma irregularidade germinativa e o mesmo tempo (longo) de germinação, o que dificultaria o processo investigativo.

Para uma compreensão clara do método utilizado nessa fase do estudo é fundamental entender que o objetivo do emprego da técnica de similitude de resposta não busca comparar as três espécies (*S. coronata*, *L. esculentum* e *L. sativa*), por se tratarem de organismos distintos, mas observar seu comportamento sob o mesmo tipo de estresse (salinidade), uma vez que a ação no metabolismo das plantas é bastante similar.

4.2.4.1 Germinação em solos

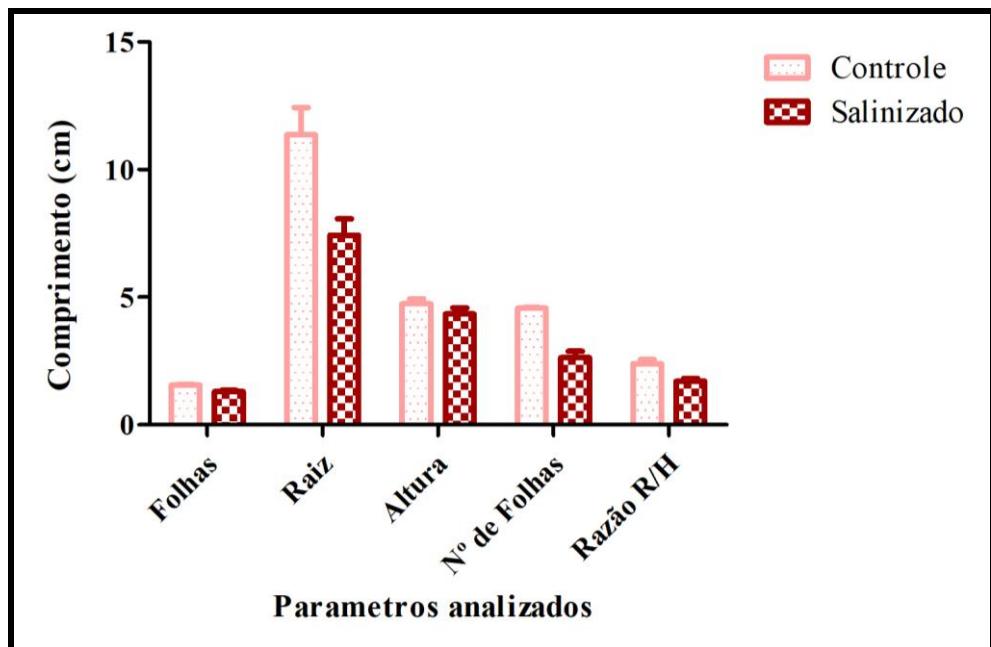
A germinação em solo de *L. esculentum* (tomate) apresentou diferença significante entre os tratamentos (controle e salinizado), indicando que a presença de sais no solo compromete a germinação do tomate. Embora não tenha sido quantificada a velocidade de germinação em solo das espécies, foi perceptível um retardamento no desenvolvimento das sementes depositadas em solo salinizado, indicando que o desenvolvimento do processo germinativo foi prejudicado pelo desequilíbrio osmótico causado pela saturação de sódio no substrato.

O percentual de germinação do tomate no solo controle foi de 81,6% ao passo que a germinação no solo salinizado não ultrapassou 44,4%. Esses resultados se aproximam bastante daqueles obtidos por Singh, Sastry e Singh (2012) tanto para o controle como para o salinizado. A adição de sais ao meio gerou, segundo os autores, uma diminuição na germinação de sementes de tomate na maioria das variedades estudadas. Medeiros *et al.* (2012) também observaram uma alta sensibilidade do tomate à salinidade do substrato. Kaur e Gupta (2018) também observaram uma diminuição no vigor das plântulas de tomate submetidas ao estresse salino, tal diminuição se mostrou progressiva em detrimento do aumento das concentrações de cloreto de sódio.

A diminuição da taxa de germinação parece ser concordante com a literatura, diante do incremento de sais, o que confirma os dados obtidos durante a presente perquisição. Nesse sentido, o sódio parece ser fundamental nesse processo. Bojové *et al.* (2010) indicaram que

concentrações elevadas de NaCl inibem a germinação causando retardo ou inviabilidade no desenvolvimento embrião. Singh, Sastry e Singh (2012) ao estudarem processos de germinação e de crescimento em diversas variedades de tomate submetido a estresse salino indicaram que quanto maior a concentração de NaCl menor é a taxa de germinação e de crescimento. A análise de desenvolvimento das plântulas aqui estudadas confirmou as observações feitas por esses autores, contudo a diferença só foi significante no comprimento da raiz e no número de folhas (figura 25).

Figura 25 - Tamanho de folha, raiz, talo e número de folhas de *Lycopersicon esculentum* germinado em amostras de Neossolo Flúvico com diferentes concentrações de sódio, após 25 dias de crescimento.



Legenda: Controle - concentração de Na^+ de 0,19 cmol_c/dm³. Salinizado - concentração de Na^+ de 11 cmol_c/dm³. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$). Os dados são média ± Desvio Padrão. $n = 88$ para todos os tratamentos

Fonte: Iwelton Pereira, 2018.

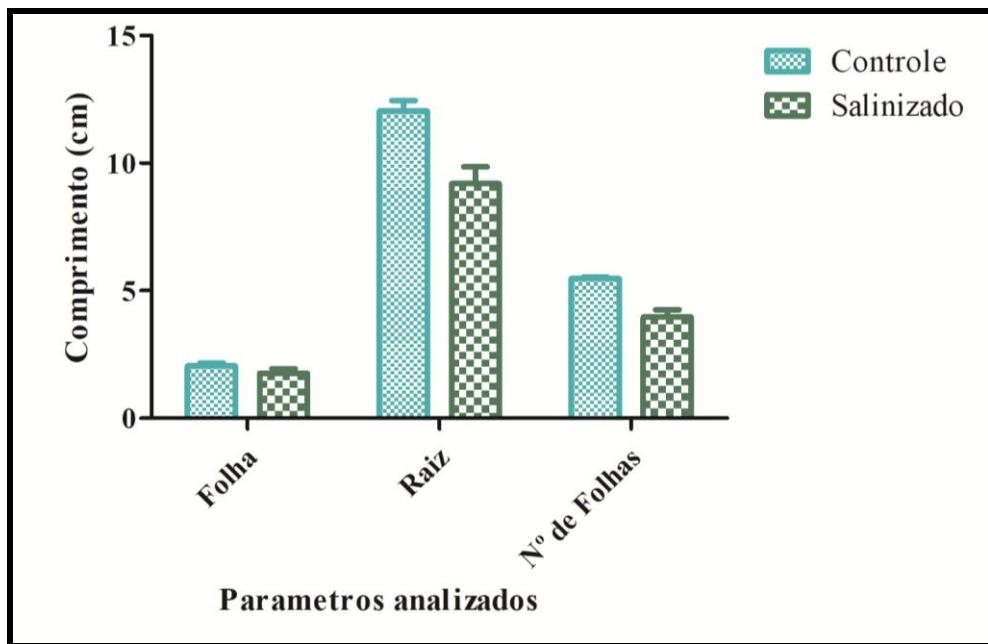
A morfologia da planta sofre modificações consideráveis dada a alta capacidade do sódio de interferir na absorção de nutrientes (FERREIRA-SILVA *et al.*, 2010), o que pode gerar deficiências no desenvolvimento estrutural do organismo, acarretando diminuição do porte médio (SHALHEVET; YARON, 1973). No presente estudo fica claro não haver diferenças significativas no tamanho das folhas e do talo, embora diversos autores indiquem uma diminuição no crescimento das plântulas de tomateiro submetidos ao estresse salino (KAVEH *et al.*, 2011; SINGH; SASTRI; SINGH, 2012). Observou-se, contudo, uma diferença considerável no tamanho da raiz e no número de folhas entre os tratamentos

estudados. Hasegawa (2013) indica que o déficit hídrico, causado pelo estresse salino, é transmitido rapidamente das raízes para as outras partes da planta, indicando ainda que a presença elevada de Na^+ desequilibra a relação K^+/Na^+ , gerando déficit de potássio na planta. Galdino *et al.* (2017), por sua vez, consideram que o potássio é o elemento de maior mobilidade nas plantas. Nesse contexto, entende-se que o potássio é essencial para quase todos os estágios de desenvolvimento desses organismos (AL-KHARUSI *et al.*, 2017) e, que a presença elevada de sódio no solo pode ter acarretado uma diminuição no número de folhas e no comprimento das raízes.

As observações feitas em *L. sativa* caminham no mesmo sentido dos resultados obtidos com o tomate, contudo a taxa de germinação em solo dessa espécie foi bastante baixa, tanto para o solo controle quanto para o solo salinizado. O solo controle apresentou uma taxa de germinação de 39% ao passo que o solo salinizado apresentou um percentual germinativo de 24,8%. Considerando-se esses dois grupos é possível perceber uma diferença sensível no sucesso germinativo, contudo sem significância estatística. Lazof, Bernstein e Läuchli (1991) indicaram que a adição de sódio é capaz de retardar a germinação da alface. Os autores, contudo, não indicam ausência de germinação em detrimento das concentrações de sódio. Souza *et al.* (2017) ao estudarem *L. sativa* indicaram uma variação na taxa de germinação em detrimento dos tratamentos adicionados, porém os controles apresentaram taxa germinativa mais elevada do que aquela obtida no presente estudo. Bohm *et al.* (2017) também indicaram germinação elevada em todos os tratamentos estudados. Os valores baixos de germinação nos dois grupos podem estar vinculados às características do solo, que podem não ser propícios para essa espécie.

Observando-se os dados de comprimento de folha e da raiz e, número de folhas por planta foi possível observar uma diferença significante nos dois últimos parâmetros mencionados (figura 26), ao passo que o comprimento das folhas não apresentou diferença entre os grupos.

Figura 26 - Tamanho de folha, raiz e número de folhas de *Lactuca sativa* germinada em amostras de Neossolo Flúvico com diferentes concentrações de sódio, após 25 dias de crescimento.



Legenda: Controle - concentração de Na^+ de $0,19 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Salinizado - concentração de Na^+ de $11 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$). Os dados são média \pm Desvio Padrão. $n = 40$ para todos os tratamentos

Fonte: Iwelton Pereira, 2018.

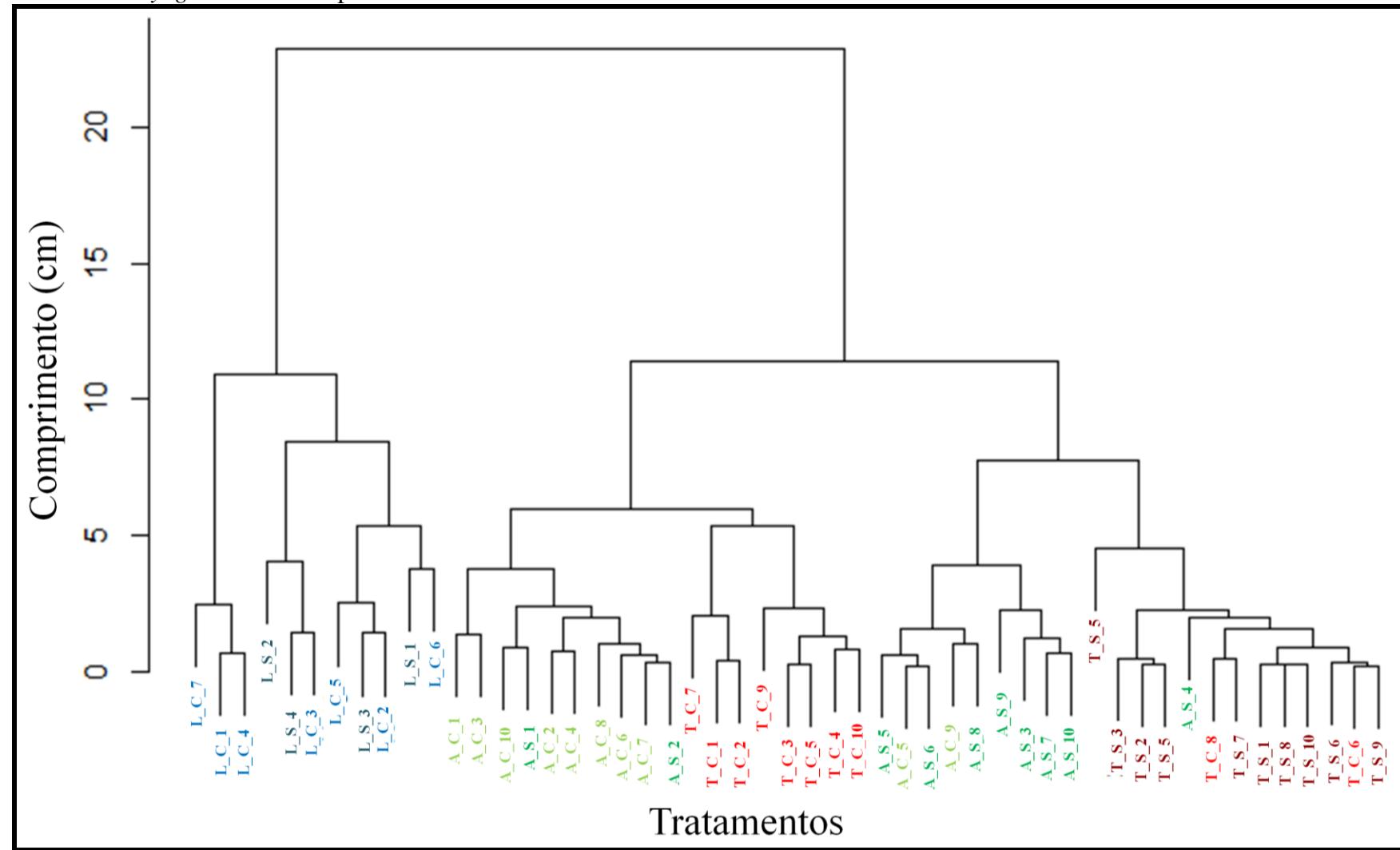
A diferença de crescimento radicular em *L. sativa* submetida a diferentes níveis de salinidade foi observada por Ruiz-Lozano, Azcón e Gómez (1996). Esses autores ainda indicaram uma diminuição no número de folhas e no peso seco tanto da raiz como das folhas. Interferências na frequência foliar também foram observadas por Lazof, Bernstein e Läuchli (1991), indicando uma diminuição da ordem de 33% em relação ao controle. Lima e Morais (2008) investigando o efeito aleloquímico do extrato aquoso de *Ipomoea fistulosa* sobre alface e tomate percebeu que a alface é muito mais sensível, apresentando uma maior diminuição na taxa de germinação e um menor desenvolvimento de tamanho na presença do extrato.

A diminuição do número de folhas, tanto no tomate quanto na alface pode estar atrelado ao fato do sódio funcionar como uma citotoxina, desestabilizando as membranas e proteínas (HASEGAWA, 2013). Esse fato afeta negativamente os processos celulares e fisiológicos fundamentais: divisão celular, expansão, produção de metabólitos primários e secundários e, na homeostase de nutrientes e minerais. Assim, é possível concluir que o desenvolvimento de novas estruturas ficará prejudicado no organismo, propiciando a diminuição no número de folhas frente a organismos não estressados.

A resposta à salinidade foi bastante próxima no que concerne ao desenvolvimento do tomate e da alface, uma vez que o comprimento da raiz e o número de folhas foram os mais afetados pela salinidade nas duas espécies, ao passo de foi possível observar uma diminuição no percentual de germinação de ambas. A alface, contudo, mostrou-se mais sensível às condições do solo, apresentando germinação abaixo dos 50% inclusive no controle. Embora alguns parâmetros tenham demonstrado não haver diferença estatística, a construção do dendograma, com 10 amostras de cada um dos tratamentos estudados (para todas as espécies – alface, tomate e licuri), selecionadas eleatoriamente, indicou uma separação clara entre amostras (dadas as características particulares de cada organismo) e entre os tratamentos (figura 27).

Os tratamentos controle da alface (A_C_1 a 10) e os tratamentos controle do tomate (T_C_1 a 10) dividiram um mesmo *cluster* que por sua vez separou-se de forma mais acentuada dos tratamentos salinos da alface (A_S_1 a 10) e do tomate (T_S_1 a 10), que, por sua vez compuseram um *cluster* independente dos demais. Os tratamentos que se apresentaram de forma diferente dos demais foram A_C_5 e 9 que se aproximou do grupo salino, A_S_11, 12 e 14 que se aproximaram da alface controle (11 e 12) e do tomate salino (14), e T_C_26 e 28 que mostram-se mais próximos do grupo salino da mesma espécie.

Figura 27 - Dendograma dos parâmetros de análise (comprimento de folha e de raiz e Razão raiz/altura) aplicados a *Lycopersicon esculentum*, *Lactuca sativa* e *Syagrus coronata* após desenvolvimento em Neossolo Flúvico com diferentes níveis de salinidade.



Legenda: L_S_1 a 4 - Amostras de *S. coronata* desenvolvida em solo Salinizado ($11 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ de Na^+) após germinação *in vitro*. L_C_1 a 6 - Amostras de *S. coronata* desenvolvida em solo controle ($0,19 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ de Na^+) após germinação *in vitro*. A_C_1 a 10 - Amostras de *L. sativa* desenvolvida em solo controle ($0,19 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ de Na^+). A_S_1 a 10 - Amostras de *L. sativa* desenvolvida em solo Salinizado ($11 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ de Na^+). T_C_1 a 10 - Amostras de *L. esculentum* desenvolvida em solo controle ($0,19 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ de Na^+). T_S_1 a 10 - Amostras de *L. esculentum* desenvolvida em solo Salinizado ($11 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ de Na^+).

Fonte: Iwelton Pereira, 2018

O grupo das amostras de *S. coronata* apresentou-se bastante distinto das demais espécies estudadas. Esse comportamento era esperado uma vez que os parâmetros analisados foram medidos em centímetros e o tempo de desenvolvimento foi distinto para as espécies (25 dias para *L. sativa* e *L. esculentum* e 120 dias para *S. coronata*). Dentro do cluster de licuri, contudo, não foi possível observar diferenças marcantes entre os tratamentos (controle e salino) confirmando a indicação, discutida no subtópico 4.4, de que os indivíduos que se desenvolveram no meio não diferiram estatisticamente, mostrando que para a *S. coronata* a condição salina não implicou em diferenciação morfológica, no tempo observado.

Assim foi possível perceber que a presença de sódio no solo é capaz de gerar estresse osmótico na planta (FERREIRA-SILVA *et al.*, 2010; GALDINO *et al.*, 2017), retardando tanto o processo de germinação, como o desenvolvimento das raízes e da parte aérea dos organismos (BOJOVIC *et al.*, 2010; KAUR; GUPTA, 2018), gerando modificações significativas nos grupos analisados. Observou-se também que a resposta morfológica ao estresse salino varia consideravelmente entre espécies, entre grupos e sobretudo entre indivíduos (AL-KHARUSI *et al.*, 2017).

4.2.4.2 Germinação *in vitro*

A condição salina do substrato utilizado apresentou-se como principal fator de diferenciação entre os grupos estudados. Para o desenvolvimento da alface e do tomate foi possível perceber uma variação no tamanho das raízes e no número de folhas. Qualitativamente, ainda foi possível identificar um retardo no processo germinativo, que, dadas as condições de acesso a estufa onde o experimento foi conduzido (em finais de semana e feriados), não pode ser quantificada. Assim, o estudo de germinação *in vitro*, buscou isolar as condições de salinidade, recriando os quantitativos de sódio e potássio presentes nas amostras de Neossolo Flúvico de forma a perceber sua interferência na velocidade de germinação e nos percentuais finais de indivíduos germinados.

Os resultados com *L. esculentum* indicaram uma diferença acentuada entre todos os tratamentos, apresentando um *p* inferior a 0,001 (tabela 7). Tais resultados indicam que os níveis mais baixos de salinidade, atribuídos ao solo controle, podem gerar um estímulo ao desenvolvimento germinativo e a velocidade de germinação, ao passo que concentrações mais altas como aquelas presentes no tratamento salino podem retardar a germinação do tomate, bem como gerar inviabilidade germinativa. A presença de sódio no substrato dificulta a entrada de água na semente, impedindo a expansão e desenvolvimento do embrião, fazendo com que o tempo de desenvolvimento seja maior (KAVEH *et al.*, 2011)

Tabela 7 - Percentual de Germinação e Índice de Velocidade de Germinação de *Lycopersicon esculentum* germinada *in vitro* com diferentes concentrações de sódio e potássio, após 7 dias de crescimento.

	B	C	S
Percentual de Germinação (%)	92b ± 12,1	96a ± 2,8	80c ± 17,1
IVG	108,7b*	111,7a*	63,0c*

Legenda: B - adição de aguá deionizada. C - controle salino, com adição de 0,19 cmol_c/dm³ de Na⁺ e 0,22 cmol_c/dm³ de K⁺. S - Salino com adição de 11 cmol_c/dm³ de Na⁺ e 0,33 cmol_c/dm³ de K⁺. IVG = Índice de Velocidade de Germinação. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,001$). Os dados são média ± Desvio Padrão. * valor absoluto do índice. n = 200 para todos os tratamentos.

Fonte: Iwelton Pereira, 2018.

A diminuição no percentual de germinação de espécies de Solanaceae e Brassicaceae também foi observado por Bojovíc *et al.* (2010). Esses autores perceberam que em níveis baixos de NaCl, algumas espécies apresentavam resistência, porém diante de concentrações mais elevadas o percentual germinativo caía drasticamente. Sing, Sastry e Singh (2012) perceberam a mesma tendência ao estudarem germinação de tomate. Os resultados aqui obtidos vão no mesmo sentido da bibliografia consultada indicando que concentrações muito baixas de NaCl podem gerar um estímulo à germinação, ao passo que concentrações mais elevadas podem gerar tanto diminuição na velocidade de germinação como no precentual final de germinação.

Ao se observar o desenvolvimento germinativo de *L. sativa* (tabela 8), submetida às mesmas condições de salinidade, percebe-se um desenvolvimento parecido, contudo, sem apresentar diferenças entre o tratamento B (com água deionizada) e o tratamento C (com concentrações mais baixas de sódio e potássio). O tratamento S (com concentração de Sódio de 11 cmol_c/dm³) mostrou-se diferente de todos os outros tratamentos.

Tabela 8 - Percentual de Germinação e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de *Lactuca sativa* germinada *in vitro* com diferentes concentrações de sódio e potássio, após 5 dias de crescimento.

	B	C	S
Percentual de Germinação (%)	92a ± 1,9	92a ± 1,9	87b ± 5,0
IVG	181,1a*	180,1a*	149,4b*

Legenda: B - adição de aguá deionizada. C - controle salino, com adição de 0,19 cmol_c/dm³ de Na⁺ e 0,22 cmol_c/dm³ de K⁺. S - Salino com adição de 11 cmol_c/dm³ de Na⁺ e 0,33 cmol_c/dm³ de K⁺. IVG = Índice de Velocidade de Germinação. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,001$). Os dados são média ± Desvio Padrão. * valor absoluto do índice. n = 200 para todos os tratamentos.

Fonte: Iwelton Pereira, 2018.

A diminuição do percentual de germinação da alface está, assim como o do tomate, relacionada à diferença osmótica gerada pela concentração de sais no substrato. Embora a água disponível no meio seja a mesma para todos os tratamentos (6 mL), as sementes submetidas ao estresse salino não conseguem absorver esta água na mesma velocidade, gerando um retardamento no encharcamento da semente e retomada do desenvolvimento do embrião. Isso ocorre porque a hiperosmolaridade é o efeito primário do estresse hidrico, causando déficit hídrico e desequilíbrio iônico (HASEGAWA, 2013).

Os resultados obtidos tanto no desenvolvimento do tomate como da alface indicaram que embora haja uma diminuição relevante na velocidade de germinação e no percentual final de êxito germinativo, as duas espécies conseguiram se desenvolver nos níveis de salinidade estudados.

CONCLUSÕES

5 CONCLUSÕES

A ampliação da matriz energética de um país é, sem sombra de dúvidas, uma questão estratégica para a garantia da autonomia produtiva frente a outras nações e, portanto, da soberania nacional. Os espaços de produção dessa energia ganham destaque dentro do Estado de Pernambuco por serem pontos estratégicos de manutenção das condições de funcionamento da estrutura econômica da nação.

O papel do Estado de Pernambuco no cenário energético brasileiro tem se demonstrado muito aquém daquele ocupado outrora. Um conjunto articulado de estagnação tecnológica e sub exploração das potencialidades produtivas, fora dos sistemas tradicionais de produção agrícola, tem tornado a participação dessa porção do território economicamente incipiente no panorama regional.

Embora produtor de um número elevado de oleaginosas, o que se observa no momento é uma produção desarticulada territorialmente, vinculada ao atendimento de demandas locais de pequeno porte. Os espaços de produção de grande porte, a exemplo da região de Petrolina, criam contextos econômicos que são exceções e, quando apresentam potencialidades energéticas a serem geradas a partir da cadeia produtiva instalada, ignoram-na pela ausência logística.

A instalação da unidade de produção de biodiesel no Estado se posiciona também à margem da produção nacional, não constando nas estatísticas oficiais e não oferecendo registros públicos de sua produção. Embora resguardem relação com a potencialidade produtiva local, algumas unidades apresentam tentativas de promover o desenvolvimento produtivo de alguns gêneros oleaginosos, quando o caminho mais lógico seria o uso da capacidade instalada, fomentando a organização da produção.

O uso das espécies oleaginosas endêmicas da região tem sido ignorado nos projetos de produção energética do Estado, privilegiando-se o desenvolvimento de espécies adaptadas às condições edafoclimáticas da região. Sob o argumento de que alguns gêneros adaptados têm processos produtivos já dominados, recursos financeiros são alocados para pesquisa que aumentam o arcabouço teórico sobre essas espécies, ao passo que estruturas biológicas com alto poder produtivo são colocadas à margem do processo.

É fundamental, para garantir a efetivação da proposta de promoção do desenvolvimento social por parte do PNPB, que a diversificação da matéria prima seja efetiva, privilegiando as espécies endêmicas das regiões de interesse. O poder produtivo de algumas espécies exóticas pode ser acompanhado de um ônus ecológico alto demais.

A irregularidade germinativa descrita na bibliografia para a palmeira *S. coronata* foi confirmada, indicando a necessidade de desenvolvimento de técnicas de padronização e elevação do sucesso germinativo, estratégias fundamentais para sua produção em larga escala.

Quando germinados *in vitro* os embriões de *S. coronata* não apresentaram variação morfológica diante da adição de ácidos líquênicos, nas concentrações aplicadas. Variações no percentual de contaminação indicaram um possível efeito antibiótico no meio pela inserção desses compostos. As concentrações, contudo, não se mostraram progressivas na redução da taxa de contaminação, indicando não haver relação linear entre o incremento de extrato e a taxa de contaminação.

No Neossolo Flúvico salinizado e não salinizado a taxa de mortalidade (pata o licuri) foi bastante elevada. As diferenças morfológicas de comprimento de folha e raiz não parecem ser afetadas por essas condições de salinidade nos indivíduos sobreviventes, a despeito da mortalidade observada. Tal realidade indica que o licuri, uma vez instalado no solo, não sofre grandes interferências pelas condições salinas, indicando a possibilidade de uso dessa espécie em áreas salinizadas.

A comparação de resposta de desenvolvimento do tomate e da alface mostrou-se proveitosa por indicar as interferências morfológicas que o teor salino pode causar no desenvolvimento das plantas. Alterações no número de folhas e no comprimento das raízes foram comuns às duas espécies teste, bem como retardo no tempo de germinação (feito de forma qualitativa) e diminuição no sucesso germinativo. A alface mostrou-se mais sensível que o tomate na porcentagem final de germinados.

Diante do exposto destaca-se a necessidade de desenvolvimento de pesquisas adicionais que ampliem o número de plântulas germinadas em solo e que investiguem os tratamentos pré germinativos para deposição em solos salinos, como fonte de homogeneização dos percentuais de sucesso. Adicionalmente, a diversificação dos tipos de solos investigados pode indicar possibilidades de desenvolvimento em outros espaços degradados. Embora a adição do extrato líquênico não tenha surtido efeito morfológico no desenvolvimento do embrião, investigações acerca de sua ação nos processos pré germinativos, gerando escarificação química, podem indicar uma possibilidade de rompimento da dormência da espécie, principal responsável pelo longo período germinativo e pela irregularidade observada.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A. L. *et al.* Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 260-268, jul. 2008. Suplemento especial.
- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil:** potencialidades paisagísticas. 5. ed. Cotia, São Paulo: Ateliê, 2003. 159 p.
- ACQUA, N. H. D. *et al.* Métodos de amostragem de solos em áreas de plantio direto no Sudoeste goiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 17, n. 2, p. 117-122, 2013.
- ADEBAYO, G.B.; AMEEN, O.M.; ABASS, L. T. Physico-chemical properties of biodiesel produced from *Jatropha Curcas* oil and fossil diesel. **Journal of Microbiology and Biotechnology Research**, v. 1, n. 1, p. 12-16, 2011.
- AHTI, T. 1993. Names in current use in the Cladoniaceae (lichen-forming Ascomycetes) in the ranks of genus to variety. In: GREUTER, W. (Ed.). **Names in current use in the families Trichocomaceae, Cladoniaceae, Pinaceae, and Lemnaceae**. Königstein: Koeltz Scientific Books, 1993. p. 58-106. (Regnum Vegetabile, 128).
- AL KHARUSI, L. *et al.* Screening of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars for salinity tolerance. **Forests**, v. 8, n. 4, 136, apr. 2017. Não paginado.
- ALAHMADI, A. A. Usnic acid biological activity: history, evaluation and usage. **International Journal of Basic & Clinical Pharmacology**, v. 6, n. 12, p. 2752-2759, dec. 2017.
- ALBA, C. *et al.* Native and exotic plant species respond differently to wildfire and prescribed fire as revealed by meta-analysis. v. 26, n. 1, p. 102-113, 2015.
- ALGAYYIM, S. J. M.; WANDEL, A. P.; YUSAIF, T. The effect of butanol:acetone mixture:cottonseed biodiesel blend on spray characteristics, engine performance and emissions in diesel engine. In: ASIA-PACIFIC CONFERENCE ON COMBUSTION, 11., 2017, Sydney, Austrália. Disponível em: <<https://eprints.usq.edu.au/33480/1/11%20Asia-Pacific%20Conference%20%28Effect%20of%20Ethanol-Acetone%20Mixture-Cottonseed%20Biodiesel%20Diesel%20Engine%20Revised%20Version%20Paper%29.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2018.
- AL-WANDAWI, H.; ABDUL-RAHMAN, M.; AL-SHAIKHLY, K. Tomato processing wastes as essential raw materials source. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 33, p. 804-807, 1985.
- AMEZKETA, E. An integrated methodology for assessing soilsalinization, a pre-condition for land desertification. **Journal of Arid Environments**, v. 67, p. 594-606, 2006.
- AMOURI, M. *et al.* Sustainability assessment of *Ricinus communis* biodiesel using LCA Approach. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 3, p. 749-760, apr. 2017.

ANDRADE, L. A.; FABRICANTE, J. R.; OLIVEIRA, F. X. Impactos da invasão de *Prosopis juliflora* (sw.) DC. (Fabaceae) sobre o estrato arbustivo-arbóreo em áreas de Caatinga no Estado da Paraíba, Brasil. **Acta Scientirum Biological Sciences**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 249-255, 2010.

ANDRÉO-SOUZA, Y. *et al.* Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 83-92, 2010.

ANKITH, G. N. *et al.* Antibacterial and antifungal activity of three *Ramalina* species. **Journal of Drug Delivery and Therapeutics**, v. 7, n. 5. p. 27-32, sep./oct. 2017.

ARAGÃO, W. M. *et al.* Teor de gordura e composição de ácidos graxos em polpa de frutos de coqueiro anão em diferentes idades de maturação. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 63, n. 2, p. 159-167, 2004.

ARCE, P. G. Geographical distribution of wild tomatoes (*Solanum* L. sect. *Lycopersicon* (Mill.) Wettst. Solanaceae). **Arnaldoa**, v. 20, n. 2, p. 301-314, jul./dic. 2013.

AROUCHA, E. P. T. L.; AROUCHA, M. L. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do licuri**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2013.

ARRUDA, M. R.; MOREIRA, A.; PEREIRA, J. C. R. **Amostragem e cuidados na coleta de solo para fins de fertilidade**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2014. 18 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 115).

ARUDA, A. L. *et al.* Diferentes concentrações de sais do meio MS no estabelecimento *in vitro* de morango. **Revista da 14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa**, v. 14, n. 14, p. 1343-1351, 2017.

ASSAHA, D. V. M.; UEDA, A.; SANEOKA, H. Comparison of growth and mineral accumulation of two solanaceous species, *Solanum scabrum* Mill. (huckleberry) and *S. melongena* L. (eggplant), under salinity stress. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 59, n. 6, p. 912-920, 2013.

BAGAYOKO, M. Soil salinity alkalinity effects on germination and seedling growth of vegetable crops in the Office du Niger zone. **Journal of Research in Environmental Science and Toxicology**, v. 1, n. 12, p. 328-337, dec. 2012.

BARBOSA, H. M. S. **Influência do nitrogênio na produção de substâncias degradadoras do milonito por *Cladonia substellata* (líquen)**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

_____. **Intemperismo biogeoquímico e ciclagem de nitrogênio pela interação do líquen *Cladonia substellata* Vainio com granito e basalto**. 2014. 233 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

BARBOSA, L. P. Morfometria testicular de cabritos alimentados com óleo de licuri (*Syagrus coronata*). Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 64, n. 4, pp. 804-809, 2012.

BATISTA, G. S. **Germinação de sementes de palmeiras quanto à tolerância a dessecação, salinidade e temperatura.** 2012. 56 f. Tese (Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal)) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.

BATISTA, G. S. *et al.* Aspectos morfológicos dos diásporos e das plântulas de *Syagrus oleracea* (Mart.) Becc – Arecaceae. **Comunicata Scientiae**, v. 2, n. 3, p. 170-176, 2011.

BAZOTTI, A.; COELHO, L. B. Produção de *commodities* pela agricultura familiar: insegurança alimentar e novos desafios ao PRONAF. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, v. 38, n. 133, p. 113-129, jul/dez 2017.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. **Oleaginosas potenciais do Nordeste para a produção de biodiesel.** Campina Grande, EMBRAPA ALGODÃO, 2007, 54p.

BERGMANN, J. C. *et al.* Biodiesel production in Brazil and alternative biomass feedstocks. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 21, p. 411-420, 2013.

BERTILLER, M. B. Grazing effects on sustainable semiarid rangelands in Patagonia: the state and dynamics of the soil seed bank. **Environmental Management**, v. 20, n. 1, p. 123-132, jan./feb. 1996.

BOHM, F. M. L. Z. *et al.* Emergência e crescimento de alface (*Lactuca sativa* L.) submetida a substratos orgânicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB, v. 12, n. 2, p. 348-352, abr./jun. 2017.

BOJOVIĆ, B. *et al.* Effects of NaCl on seed germination in some species from families Brassicaceae and Solanaceae. **Kragujevac Journal of Science**, v. 32, p. 83-87, 2010.

BONETTI, K. A. P. **Germinação *in vitro* e embriogênese somática do híbrido de dendêzeiro BRS Manicoré (*Elaeis guineensis* (Jacq) x *E. oleifera*).** 2015. 97 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

BONFIM, F. P. G. *et al.* Efeito de extratos aquosos de fungo na germinação e vigor de sementes de alface e salsa. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 7, n. 3, p. 218-228, 2013.

BOVI, M. L. A. Pré-embebição em água e porcentagem e velocidade de emergência de sementes de palmitero. **Bragantia**, Campinas, v. 49, n. 1, p. 11-22, 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes.** Brasília: MAPA/ACS, 2009.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca PAN-Brasil.** Brasília: MMA, 2005. 242 p.

- BRESSAN, R. T. *et al.* Comparação dos parâmetros de qualidade e emissão de gases poluentes de biodiesel provindo de óleo de soja, coco e oliva. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 6, n. 5, p. 239-246, 2017.
- BROWN, R. T.; MIKOLA, P. The Influence of Fruticose Soil Lichens Upon the Mycorrhizae and Seedling Growth of Forest Trees. **Acta Florestalia Fennica**, v. 141, 1974. Não paginado.
- CAMPOS, A.C.; PAULA, N. M. A indústria têxtil brasileira em um contexto de transformações mundiais. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 37, nº 4, p.592-608, out/dez. 2006.
- CARDARELLI, M. Antimitotic effects of usnic acid on different biological systems. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 53, p. 667-672, 1997.
- CARRIJO, N. S.; REIS, E. F.; COSTA NETTO, A. P. Germinação de frutos verdes e maduros de *Syagrus oleracea* Becc. em função do tamanho. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 6, n. 1, p. 118-126, jan./abr. 2013.
- CARVALHO, N. M. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- CARVALHO, N. O. S. *et al.* Uso de substâncias reguladoras e não-específicas na germinação de sementes de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.). **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v. 5, n. 1, p. 28-32. 2005.
- CASTRO, R. A.; FABRICANTE, J. R.; SIQUEIRA FILHO, J. A. A importância da palmeira *Syagrus coronata* (Mart.) Beec. para a conservação da riqueza e diversidade de espécies epífitas vasculares na caatinga. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 40, n. 1, p. 1-12, jan./fev. 2016.
- ÇETINKAYA, M.; KARAOSMANOĞLU, F. A new application area for used cooking oil originated biodiesel: generators. **Energy & Fuels**, v. 19, n. 2, p. 645-652, feb. 2005.
- CHANG, C. C.; WAN, S. W. China's motor fuels from tung oil. **Industrial & Engineering Chemistry**, v. 39, n. 12, p. 1543-1548, 1947.
- CHONG, C. T.; HOCHGREB, S. Flame structure, spectroscopy and emissions quantification of rapeseed biodiesel under model gas turbine conditions. **Applied Energy**, v. 185, n. 2, p. 1383-1392, jan. 2017.
- CONTI, J. B. O conceito de desertificação. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 3, n. 2, jun./dez., p. 39-52, 2008.
- CORDEIRO, A. Etanol para alimentar carros ou comida para alimentar gente? In: BNDES. **Impactos da indústria canavieira no Brasil**. 2008. 187 p. Disponível em: <<http://library.fes.de/pdf-files/bueros/brasiliens/05922.pdf>> Acesso em: 14 abr. 2018.
- COSTA, R. A.; FABRICANTE, J. R.; SIQUEIRA-FILHO, J. A. S. A importância da palmeira *Syagrus coronata* (Mart.) Beec. para a conservação da riqueza e diversidade de espécies epífitas vasculares na Caatinga. **Revista Árvore**, v. 40, n. 1, Jan./Feb. 2016.

- COSTA, C. J.; MARCHI, E. C. S. Germinação de sementes de palmeiras com potencial para produção de agroenergia. **Informativo ABRATES**, v. 18, n. 1.2.3, p. 39-50, 2008.
- COUTINHO, D. J. G. et al. Biodiesel potential of the seed oils from some Brazilian native Euphorbiaceae species. **Renewable Energy**, v. 91, p. 275-281, june 2016.
- COX, C. B.; MOORE, P. D. **Biogeografia**: uma abordagem ecológica e evolucionária. Tradução Luís Felipe Coutinho Ferreira da Silva. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- CREPALDI, I. C. et al. Composição nutricional do fruto de licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 155-159, jun. 2001.
- CRUZ, R. P.; FERREIRA, F. B.; RODRIGUES, F. A. Simulação e análise econômica da produção de biodiesel a partir de óleo de macaúba. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 3, n. 3, p. 533-560, 2017.
- DABDOUB, M. J.; BRONZEL, J. L. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 776-792, 2009.
- DARWIN, C. **A origem das espécies**. Tradução Carlos Duarte e Anna Duarte. 1º Ed. São Paulo, Martins Claret, 2014.
- DRUMOND, M. A. **Licuri *Syagrus coronata* (Mart.) Becc.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 199).
- DUKE, S.O.; DAYAN, F.E. Modes of action of phytotoxins from plants. In: REIGOSA, M.J.; PEDROL, N.; GONZÁLEZ, L. (Ed.). **Allelopathy**: a physiological process with ecological implications. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2006. p. 511-536.
- EEUWENS, C. J. et al. Effects of tissue culture condition during embryoid multiplication on the incidence of “mantled” flowering in clonally propagated oil palm. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 70, n. 3, p. 311-323, sep. 2002.
- FAN, X. et al. Engine performance test of cottonseed oil biodiesel. **The Open Fuels & Energy Science Journal**, v. 1, p. 40-45, 2008.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **African agriculture**: the next 25 years. Roma: FAO, 1986.
- FERNÁNDEZ, C. M. et al. Production of biodiesel from winery waste: extraction, refining and transesterification of grape seed oil. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 7019-7024, 2010.
- FEROLDI, M.; CREMONEZ, P. A.; ESTEVAM, A. Dendê: do cultivo da palma à produção de biodiesel. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 13, n. 5, p. 3800-3808, dez. 2014.
- FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 12, p. 175-204, 2000.

FERREIRA-SILVA, S. L. *et al.* Physiological alterations modulated by rootstock and scion combination in cashew under salinity. **Scientia Horticulturae**, v. 127, n. 1, p. 39-45, nov. 2010.

FILIZOLA, H. F.; GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. (Ed.) **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise de qualidade ambiental:** solo, água e sedimentos. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 169 p.

FONSECA, A. M. *et al.* Composição dos ácidos graxos do óleo de coco (*Cocos nucifera* L.) em diferentes fases de maturação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 33., 2010, Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo: SBQ, 2010. Não paginado. Disponível em: <<http://sec.sjq.org.br/cdrom/33ra/resumos/T2322-2.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

GALDIN, L. S. *et al.* Padronização das doses de NaCl para indução de stresse salino em *Jatropha curcas* L. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 2, p. 319-332, jun. 2017.

GLANZT, M. H.; ORLOVSKY, N. S. Desertification: a review of the concept. **Desertification Control Bulletin**, v. 9, p. 15-22, 1983.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

_____. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento.** 3. ed. São Paulo: EDUSP, 2011. 400 p.

GOUVÊA, A. A. L. *et al.* Effects of licury cake in young Nellore bull diets- salted sun-dried meat is preferred rather than fresh meat by consumers despite similar physicochemical characteristics. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, p. 2147-2153, 2016.

GRASSO, L.; GHIRARDI, P. E.; GHIONE, M. Usnic acid, a selective antimicrobial agent against *Streptococcus mutans*: a pilot clinical study. **Current Therapeutic Research - Clinical and Experimental**, v. 45, n. 6, p. 1067-1070, 1989.

GUVEN, E. *et al.* Anticoccidal efficacy of usnic acid in broilers. **Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v. 22, n. 4, p. 551-556, 2016.

HALL, J. *et al.* Brazilian biofuels and social exclusion: established and concentrated ethanol versus emerging and dispersed biodiesel. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, supplement 1, p. S77-S85, nov. 2009.

HASEGAWA, P. M. Sodium (Na+) homeostasis and salt tolerance of plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 19-31, aug. 2013.

HERNANDEZ-HERRERA, R. M. *et al.* Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). **Journal of Applied Phycology**, v. 26, n. 1, p. 619-628, feb. 2014.

HOLANDA, S. J. R. *et al.* Impacto da salinidade no desenvolvimento e crescimento de mudas de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Miller) H.E.Moore). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 47-52, 2011.

HONEGGER, R. Ultrastructural studies in lichens. II. Mycobiont and photobiont cell wall surface layers and adhering crystalline lichen products in four Parmeliaceae. **New Phytologist**, v. 103, n. 4, p. 797-808, aug. 1986.

HOULLOU, L.M. *et al.* Avaliação do potencial da germinação *in vitro* no resgate e conservação de espécies arbóreas da flora brasileira. In: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, XII, 2014, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas, 2014. Não paginado.

ILLANA-ESTEBAN, C. Líquenes usados en medicina tradicional. **Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid**, v. 36, p. 163-174, 2012.

ILHA, G. K. *et al.* Physicochemical properties of *Syagrus coronata* and *Acrocomia aculeata* oils for biofuel production. **Industrial Crops and Products**, v. 62, p. 318-322, 2014.

INGÓLFSDÓTTIR, K. Usnic acid. **Phytochemistry**, v. 61, p. 729-736, 2002.

JALFIM, A. Panorama da desertificação no Brasil. In: CAMARGO, A; CAPOBIANO, J. P. R.; OLIVEIRA, J. A. P. (Org.). **Meio ambiente Brasil: avanços e obstáculos pós-Rio 92**. 2. ed. São Paulo: Estação Liberdade/Instituto Socioambiental; Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2004.

KAUR, H.; GUPTA, N. Ameliorative effect of proline and ascorbic acid on seed germination and vigour parameters of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under salt stress. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 1, p. 3523-3532, 2018.

KAVEH, H. *et al.* How salinity affect germination and emergence of tomato lines. **Journal of Biology and Environmental Science**, v. 5, n. 15, p. 159-163, 2011.

KNOTHE, G. Historical perspectives on vegetable oil-based diesel fuels. **Inform**, v. 12, p. 1103-1107, nov. 2001.

KNOTHE, G. *et al.* **Manual de Biodiesel**. São Paulo: Editora Blucher, 2006. 340 p.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, 223-253, 2010.

KRUG, C. A.; MENDES, P. T. Melhoramento da Mamoneira (*Ricinus communis* L.). I. Plano geral dos trabalhos em execução nas secções de genética e plantas oleaginosas do instituto agronômico do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 2, n. 5, p. 129-154, 1942.

LA SALLES, K. T. S. *et al.* Characterization of *Syagrus coronata* (Mart.) Becc. oil and properties of methyl esters for use as biodiesel. **Industrial Crops and Products**, v. 32, p. 518-521, 2010.

LAZOF, D.; BERNSTEIN, N.; LÄUCHLI, A. Growth and development of the *Lactuca sativa* shoot as affected by NaCl stress: consideration of leaf developmental stages. **Botanical Gazette**, v. 152, n. 1, p. 72-76, mar. 1991.

LECHOWSKI, Z.; MEJ, E.; BIALCZYK, J. Accumulation of biomass and some macroelements in tomato plants grown in media with (+)-usnic acid. **Environmental and Experimental Botany**, v. 56, n. 3, p. 239-244, july 2006.

LICHSTON, J. E.; MOREIRA, F. G. L. Potencialidade do nordeste brasileiro para a produção de biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 6., CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 9., 2016, Natal. **Biodiesel:** 10 anos de pesquisa, desenvolvimento e inovação no Brasil. Anais – Trabalhos Científicos. Lavras: UFLA, 2016. p. 71-72.

LIMA, A. M. F. *et al.* Environmental impacts of the biodiesel production chain of cotton seed in Bahia, Brazil. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 5, p. 1523-1534, July 2017.

LIMA, J. D.; MORAES, W. S. Potencial alelopático de *Ipomoea fistulosa* sobre a germinação de alface e tomate. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 409-413, jul./set. 2008.

LIMA, J. R. *et al.* **Características e estabilidade de óleo de amêndoas de castanha-de-caju.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2014. 17 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 93).

LOMONACO, D.; MAZZETTO, S. E.; MELE, G. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 732-741, 2009.

LOPES, D. C.; NETO, A. J. S. Preliminary economic study of biodiesel production from pequi in Brazil. **Open Access Journal of Science**. v. 1, n. 5, 2017. Não paginado.

LOPES, P. S. N. *et al.* Tratamentos físicos e químicos para superação de dormência em sementes de *Butia capitata* (Martius) Beccari. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 120-125, jan./mar. 2011.

LORETO, M. D. S.; CALVELLI, H. G.; SILVA, E. C. A dinâmica da produção e reprodução social dos produtores de mamona vinculados ao Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. **Estudo & Debate**, Lajeado, v. 24, n. 1, p. 133-152, 2017.

LOURENÇO, J. E. S. *et al.* Extração mecânica de óleo de coco (*Cocos nucifera* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, XXI., ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE O ENSINO DE ENGENHARIA QUÍMICA, XVI., 2016, Fortaleza. **Anais...** São Paulo: ABEQ, 2016. Não paginado. Disponível em: <<https://proceedings.galao.com.br/cobeq/cobeq-2016/trabalhos?lang=pt-br>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

LUNARDON, M. T. Algodão. In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural. **Análise da conjuntura agropecuária. Safra 2007/08**. Curitiba: SEAB, 2007. p. 15-27.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. (Ed.). **Rochas & minerais industriais:** usos e especificações. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005.

MACIĄG-DORSZYŃSKA, M.; WĘGRZYN, G.; GUZOW-KRZEMIŃSKA, B. Antibacterial activity of lichen secondary metabolite usnic acid is primarily caused by inhibition of RNA and DNA synthesis. **FEMS Microbiology Letters**, v. 353, n. 1, p. 57-62, 2014.

- MADALENA, L. C. S. *et al.* Uma revisão do uso do óleo de rícino proveniente da Mamona (*Ricinus communis L.*), em diversos setores industriais e combustíveis. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 6, n. 4, p. 1-12, 2017.
- MALDONADO, M. C.; IBARRA, L. V. Colorantes orgânicos de hongos y líquenes. **Scientia-CUCBA**, v. 8, n. 2, p. 141-161, 2016.
- MAITERA, O. N. *et al.* Production and characterization of biodiesel from coconut extract (*Cocos nucifera*). **World News of Natural Sciences**, v. 9, p. 62-70, 2017.
- MANDARINO, J. M. G.; CARRAO-PANIZZI, M. C. **A soja na cozinha**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 59 p. (Embrapa Soja. Documentos, 136).
- MARASHI, S. S. *et al.* Screening date palm cultivars for salinity tolerance using physiological indices. **Pakistan Journal of Botany**, v. 49, n. 2, p. 413-419, 2017.
- MARTINS, A. P. *et al.* O problema do pós-consumo do coco no Brasil: alternativas e sustentabilidade. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v. 7, n. 1, p. 44-57, jan./abr. 2016.
- MARCELLI, M. P. Fungos liquenizados. In: XAVIER-FILHO, L. et al. **Biologia de liquens**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 2006. p. 23-74.
- MARTINS, C. C. *et al.* Vermiculita como substrato para o teste de germinação de sementes de ipê-amarelo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 533-540, abr. 2012.
- MAZZITELLI, S. M. A. M. *et al.* Utilização de liquens no biomonitoramento da qualidade do ar. In: XAVIER-FILHO, L. et al. **Biologia de liquens**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 2006. p. 101-143.
- MEDEIROS, M. J. *et al.* Ecophysiological, anatomical and biochemical aspects of in vitro culture of zygotic *Syagrus coronata* embryos and of young plants under drought stress. **Trees**, v. 29, p. 1219-1233, 2015.
- _____. Overcoming seed dormancy using gibberellic acid and the performance of young *Syagrus coronata* plants under severe drought stress and recovery. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 97, p. 278-286, 2015.
- MEDEIROS, P. R. F. *et al.* Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 51-55, 2012.
- MEDEIROS, W. J. F. *et al.* Efeitos da salinidade do solo e encharcamento sobre as taxas de crescimento de plantas jovens de coqueiro-anão-verde. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 2, p. 1315-1323, mar./abr. 2017.
- MELO, J. C. **Usinas de Biodiesel em Pernambuco**. BiodieselBR, abr 2010. Não paginado. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/noticias/columnistas/convidado/usinas-biodiesel-pernambuco-300410.htm>> Acesso em: 15 abr. 2018.
- MELO, B. *et al.* Diferentes antioxidantes no controle da oxidação, germinação e desenvolvimento das plântulas na cultura *in vitro* de embriões da guarirobeira [*Syagrus*

oleracea (Mart.) Becc.]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 6, p. 1301-1306, nov./dez. 2001.

MELONI, D. A. *et al.* Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 49, n. 1, p. 69-76, feb. 2003.

MIRI, S. M. R.; SEYEDI, S. R. M.; GHOBADIAN, B. Effects of biodiesel fuel synthesized from non-edible rapeseed oil on performance and emission variables of diesel engines. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, n. 4, p. 3798-3808, jan. 2017.

MENEZES, R. C. *et al.* **Produção de óleos vegetais em Pernambuco para conversão em biodiesel:** diagnóstico e indicação de alternativas. Recife: EDUFPE, 2010, 242 p.

MONTE, D. M. O. **Potencial bioinseticida de extratos de *Cladonia substellata* Vainio sobre pragas de feijão armazenado.** 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2012.

MOREIRA, F. R.; MOREIRA, J. C. A cinética do chumbo no organismo humano e sua importância para a saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 167-181, 2004.

MOTA, S. A. P. *et al.* Production and characterization of green gasoline obtained by thermal catalytic cracking of crude palm oil (*Elaeis guineensis*, Jacq.) in a pilot plant. **Scientia Plena**, v. 13, n. 1, 2017.

MOURA, J. B. *et al.* *In vitro* antimicrobial activity of the organic extract of *Cladonia substellata* Vainio and usnic acid against *Staphylococcus* spp. obtained from cats and dogs. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 4, p. 368-378, abr. 2017.

MULLER, A. A. **A cultura do dendê.** Belém: Embrapa – Centro de Pesquisa Agropecuária do Tropical Úmido, 1980. 24 p. (Embrapa-CPATU. Miscelânea, 5).

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth an bio assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia plantarum**, v. 15, p. 473-497, 1962.

NABI, M. N.; RAHMAN, M. M.; AKHTER, M. S. Biodiesel from cotton seed oil and its effect on engine performance and exhaust emissions. **Applied Thermal Engineering**, v. 29, p. 2265-2270, 2009.

NALGUNDWAR, A.; PAUL, B.; SHARMA, S. K. Comparison of performance and emissions characteristics of DI CI engine fueled with dual biodiesel blends of palm and jatropha. **Fuel**, v. 173, n. 1, jun. 2016.

NASCENTE, A. S.; PEIXOTO, N.; SANTOS, C. W. F. Peso de sementes e emergência de plântulas de guariroba (*Syagrus oleracea* Becc). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 30, n. 2, p. 77-79, jul./dez. 2000.

NASCIMENTO, U. M.; VASCONCELOS, A. C. S.; AZEVEDO, E. B. Otimização da produção de biodiesel a partir de óleo de coco babaçu com aquecimento por microondas. **Eclética Química**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 37-48, 2009.

NASH III, T. H. **Lichen Biology**. 2nd ed. New York: Cambridge University Press, 2008.

NICARETTA, B. C. *et al.* Extração de óleo de amêndoas de Cumaru por prensagem (*Dipteryx odorata*). **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 9, n. 3, 2017. Não paginado.

OKIN, G. S. *et al.* Do changes in connectivity explain desertification? **BioScience**, v. 59, n. 3, mar 2009.

OLIVEIRA, A. P.; BRUNO, R. L. A.; ALVES, E. U. Germinação e vigor de sementes peletizadas de tomate. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 280-284, 2002.

OLIVEIRA, E. N. A. *et al.* Composição físico-química de sementes de linhagens de algodoeiro herbáceo cultivadas em regime de sequeiro. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 32, n. 1, p. 16-20, 2011.

OLIVEIRA, H. R.; ABREU, Y. V. Biodiesel, selo combustível social e agricultura familiar no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**, v. 17, n. 2, 2º semestre, p. 59-80, 2011.

OLIVEIRA, L. G. *et al.* Teor de óleos de sementes de mamona *Ricinus communis* cv. Guarani (Euphorbiaceae) e sua prospecção antibacteriana. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 64., 2013, Belo Horizonte. **Anais...** Brasília: SBB, 2013. Não paginado. Disponível em: <<https://www.botanica.org.br/trabalhos-cientificos/64CNBot/resumo-ins18126-id4180.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 6 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 75).

PAULY, D.; CHRISTENSEN, V. Primary production required to sustain global fisheries. **Nature**, v. 374, n. 16, mar. 1995.

PEGADA, C. M. A. *et al.* Efeitos da invasão biológica de algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, n. 20, v. 4, p. 887-898, 2006.

PENELLA, C. *et al.* Salt-tolerant rootstock increases yield of pepper under salinity through maintenance of photosynthetic performance and sinks strength. **Journal of Plant Physiology**, v. 193, p. 1-11, apr. 2016.

PEREZ, S. C. J. G. A.; MORAES, J. A. P. V. Efeito da cumarina e de sua interação com giberelina na germinação de *Prosopis juliflora* (Sw) d.c. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 9, set 1991.

PEREIRA, E. C. G. **Produção de metabólicos por espécies de Cladoniaceae (líquen) a partir de imobilização celular**. 1998. 240 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1998.

PEREIRA, F. A. *et al.* Análise da atividade extrativista do pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm) em comunidades da chapada do Araripe na região do Cariri cearense. **Conexão Ciência e Tecnologia**, Fortaleza, v. 8, n. 3, p. 59-66, nov. 2014.

PEREIRA, J. E. S. **Síntese de biodiesel a partir do farelo de arroz via catálise enzimática.** 2013. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

PEREIRA, J. E. S. et al. Germinação *in vitro* de embriões zigóticos de murmuru (*Astrocaryum ulei*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 251-256, mar./abr., 2006.

PEREIRA, J. E. S.; FORTES, G. R. L. Toxicidade de antibióticos no cultivo *in vitro* da batata em meios semi-sólido e líquido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 11, p. 1273-1279, nov. 2003.

PICOLOTTO, L. et al. Efeito do hipoclorito de sódio, fotoperíodo e temperatura no estabelecimento *in vitro* de jabuticabeira. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 19-23, 2007.

PINHO, D. M. M.; SUAREZ, P. A. Z. Do Óleo de Amendoim ao Biodiesel- Histórico e Política Brasileira para o Uso Energético de Óleos e Gorduras. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 39-51, nov, 2016.

PIVETTA, K. F. L. et al. Efeito da temperatura e do armazenamento na germinação de sementes de *Thrinax parviflora* Swartz. (Arecaceae). **Científica**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 178-184, 2005.

_____. Effects of maturation and scarification on seed germination of *Syagrus schizophylla* (Mart.) Glass. (Arecaceae). **Acta Horticulturae**, v. 683, p. 375-378, june 2005.

QUEIROZ, G. A.; ZAIDAN, L.; SILVA, V. L. Óleo produzido a partir de mamona irrigada com esgoto doméstico para produção de biodiesel. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 301-317, 2017.

RAJ, V. M.; SUBRAMANIAN, L. R. G.; MANIKANDARAJA, G. Experimental study of effect of isobutanol in performance, combustion and emission characteristics of CI engine fuelled with cotton seed oil blended diesel. **Alexandria Engineering Journal**, july 2017. In press.

RALPH, L. N. et al. Temperatura e coloração dos frutos de licuri sobre a germinação de sementes. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, XIII., 2013, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, 2013. Não paginado. Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R0482-3.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2018

RAMOS, L. P. et al.. Tecnologias de produção de biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p. 385-405, 2011.

RASHID, U.; ANWAR, F.; KNOTHE, G. Evaluation of biodiesel obtained from cottonseed oil. **Fuel Processing Technology**, v. 90, p. 1157-1163, 2009.

REIS, L. B.; FADIGAS, E. A. F. A.; CARVALHO, C. E. Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável. 2º Ed., Brarueri, Manole, 2012, 447 p.

REYNOLDS, J. F. et al. Global desertification: building a science for dryland development. **Science**, v. 316, n. 5826, p. 847-851, may 2007.

RIBEIRO, J. M.; TEIXEIRA, S. L. Substituição de nitrato de potássio (PA) por salitre potássico no preparo de meio de cultura de tecidos vegetais esterilizado com hipoclorito de sódio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1209-1213, jul./ago. 2008.

RIBEIRO, L. M. et al. Germinação de embriões zigóticos e desenvolvimento *in vitro* de coquinho-azedo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 2, p. 133-139, mar./abr. 2011.

RIBEIRO, S. M. et al. Produção de metabólitos bioativos pelo líquen *Cladonia substellata* Vainio. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 265-272, jun. 2006.

RIBEIRO, M. A. **Meio Ambiente e evolução humana**. São Paulo, Editora Senac, 2013, 276 p.

RIBEIRO, V. S. et al. Cadeia produtiva da soja e a produção de biodiesel no Tocantins: uma análise do uso da terra pela agricultura familiar. **Caderno de Ciência e Tecnologia**, v. 32, v 1/2, p. 167-183, jan/ago 2015.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Tradução Pedro P. de Lima-e-Silva. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. 546 p.

RIQUELME-GARCES, A. et al . Manejo del cultivo de hortalizas y su efecto en la sustentabilidad de un valle costero del desierto de Atacama, Chile. **Idesia, Arica** , v. 31, n. 3, p. 113-117, oct. 2013 .

ROCKEMBACK, C. T. et al. Síntese do biodiesel derivado do óleo da semente de uva promovido por ultrassom. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 4, p. 884-897, 2014.

RODRIGUES, O. C. S.; ABREU, Y. V. Características da posse e uso de terras relacionadas ás culturas agrícolas destinadas a produção de agroenergia no Brasil (biodiesel e etanol). **Revista Desafios**, v. 3, n. Especial (suplemento), p. 12-21, 2016.

ROSADO, L. D. S. et al. Alelopatia do extrato aquoso e do óleo essencial de folhas do manjericão “Maria Bonita” na germinação de alface, tomate e melissa. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 11, n. 4, p. 422-428, 2009.

ROSSI, E.; SANTOS, K. G. Óleo de uva para produção de biodiesel. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 4, n. 2, p. 3139-3145, mar. 2014.

ROZINA et al. Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-edible seed oils for use as biodiesel in Pakistan. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 74, p. 687-702, july 2017.

RUFINO, M. U. L. et al. Conhecimento e uso do ouricuri (*Syagrus coronata*) e do babaçu (*Orbignya phalerata*) em Buíque, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 22, n. 4, p. 1141-1149, out./dez. 2008.

RUIZ-LOZANO, J. M.; AZCÓN, R.; GÓMEZ, M. Alleviation of salt stress by arbuscular-mycorrhizal *Glomus* species in *Lactuca sativa* plants. **Physiologia Plantarum**, v. 98, n. 4, p. 767-772, dec. 1996.

- SAMPAIO, E. V. B.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, Y. S. B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia**, v. 22, n. 1, p. 90-112, 2005.
- SAMPAIO, E. V. S. B.. *et al.* Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia**. v. 22, n. 1, p. 90-112. 2003.
- SANTANA, M. O. (Org.) **Atlas de áreas susceptíveis a desertificação no Brasil**. Brasília: MMA, 2007. 134 p.
- SANTOS, B. P. T. *et al.* Determinação da eficiência da extração de óleo de ouricuri (*Syagrus coronata*) por prensagem hidráulica. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, São Paulo, v. 1, n. 1, dez. 2014. Não paginado.
- SANTOS, J. R. J. **Biodiesel de babaçu:** avaliação térmica, oxidativa e misturas binárias. 2008. 103 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.
- SANTOS, R. C. M. *et al.* Avaliação cinética do biodiesel obtido a partir do óleo de pequi. **Acta Mechanica et Mobilitatem**, Belo Horizonte, v. 2, n. 3, p. 58-62, 2017.
- SANTOS-MOURA, S. S. *et al.* Morphology of fruits, diaspores, seeds, seedlings, and saplings of *Syagrus coronata* (Mart.) Becc. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 32, n. 3, p. 652-660, may/june 2016.
- SANTOS, C. B. R. A aplicação do programa nacional de produção e uso do biodiesel na agricultura camponesa em áreas de reforma agrária. **Revista Cerrados**, v. 15, n. 2, p. 162-180, jun/dez 2017.
- SANTOS, M. **Metamorfose do espaço habitado:** Fundamentos teóricos e metodológicos da Geografia. 6 ed. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2014, 136 p.
- SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. **O Brasil:** território e sociedade no início do século XXI. 9^a Ed. Rio de Janeiro, Record, 2006, 472 p.
- SCHENKEL, C. S.; MATALLO JUNIOR, H. **Desertificação**. Brasília: UNESCO, 2003. 80 p.
- SCHOSSLER, T. R. *et al.* Salinidade: efeitos na fisiologia e na natureza mineral de plantas. **Encyclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1563-1578, 2012.
- SEDIA, E. G.; EHRENFIELD, J. G. Lichens and mosses promote alternate stable plant communities in the New Jersey Pinelands. **OIKOS**, v. 100, n. 3, p. 447-458, 2003.
- SHALHEVET, J.; YARON, B. Effect of soil and water salinity on tomato growth. **Plant and Soil**, v. 39, p. 285-292, 1973.
- SHANKAR, A. A.; PENTAPATI, P. R.; PRASAD, R. K. Biodiesel synthesis from cottonseed oil using homogeneous alkali catalyst carbon nanotubes: characterization and blending studies. **Egyptian Journal of Petroleum**, v. 26, n. 1, p. 125-133, mar. 2017.

SILITONGA, A. S. *et al.* Analysis of the performance, emission and combustion characteristics of a turbocharged diesel engine fuelled with *Jatropha curcas* biodiesel-diesel blends using kernel-based extreme learning machine. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 32, p. 25383-25405, nov 2017.

SILVA, A. M. N. *et al.* **Cartilha biodiesel**. Recife, DLCHUFRPE, 2011, 11p.

SILVA, C. G. M. Caracterização físico-química e microbiológica da farinha de algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) D.C.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 733-736, 2007.

SILVA, F.; GRASEL, D.; MERTENS, F.. Participação da agricultura familiar no Programa Nacional de Biodiesel. **Revista de Política Agrícola**, Local de publicação (editar no plugin de tradução o arquivo da citação ABNT), 26, ago. 2017. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1250>>. Acesso em: 21 Abr. 2018..

SILVA, J. A. Avaliação do programa nacional de produção e uso do biodiesel no Brasil - PNPB. **Revista de Política Agrícola**. Ano XXII, n. 3, p. 18-31, Jul/Ago/Set, 2013.

SILVA, E. C. *et al.* Construção social do Projeto Polos de Produção de Biodiesel no contexto do PNPB: um análise perceptiva. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v. 6, n. 1, p. 229-244, 2016.

SILVA, J. H. K. *et al.* Germinação e crescimento inicial de tomate italiano (*Lycopersicon esculentum* Mill.): efeitos do fotoperíodo. **Natureza on line**, v. 10, n. 4, p. 183-185, 2012.

SILVA, L. F. L. *et al.* Energy balance of biodiesel production from canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 2, p. 1-5, dez. 2017.

SINGH, J.; SASTRY, E. V. D.; SINGH, V. Effect of salinity on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) during seed germination stage. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 18, n. 1, p. 45-50, jan./mar. 2012.

SIQUEIRA, L. A.; ARAGÃO, W. M.; TUPINAMBÁ, E. A. **A introdução do coqueiro no Brasil: importância histórica e agronômica**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 24 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 47).

SMITH, T. B. Bill size polymorphism and intraspecific niche utilization in an African finch. **Nature**, v. 329, n. 22, October, 1987.

SOBRAL, L. F. *et al.* **Guia prático para interpretação de resultados de análise de solos**. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015, 13 p.

SOARES, D. B. *et al.* Degradação dos solos por sais em Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 5, p. 1621-1628, 2016.

SOARES, J. D. R. *et al.* Germinação de embriões e crescimento inicial *in vitro* de macaúba. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 773-778, maio 2011.

SOUZA, B. R. *et al.* Processamento de biodiesel a partir de óleo de tucum (*Bactris setosa*) por rota metólica. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012, Palmas. **Anais...** Palmas: IFTO, 2012. Não paginado. Disponível em:

<<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/2139/1173>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

SOUZA, C. R.; SAMPAIO, M. R. V.; LACERDA, G. A. Teor de óleo em sementes de duas variedades de maracujá cultivadas na região norte de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS DA UFMG, I., 2015, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2015. p. 168-171. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Guilherme_Lacerda/publication/279885553_TEOR_D_E_OLEO_EM_SEMENTES_DE_DUAS_VARIEDADES_DE_MARACUJA_CULTIVADA_S_NA_REGIAO_NORTE_DE_MINAS_GERAIS/links/559d357e08aeb45d171596ac.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2018.

SOUZA, F. G. *et al.* Comportamento dos teores de sais em perfil de solo com vegetação nativa e cultura irrigadas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB, v. 11, n. 2, p. 60-65, abr./jun. 2016.

SOUZA, F. R. *et al.* Anatomia radicular de girassol em função do tráfego de trator agrícola e sistemas de manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXXIV., 2013, Florianópolis. **Anais...** Viçosa, MG: SBCS, 2013. Não paginado. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90002/1/CBCS-SOUZA-ANATOMIA.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

SOUZA, G. S. *et al.* Potencial alelopático de seis espécies do gênero *Croton* L. na germinação de alface e tomate. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, v. 72, n. 2, p. 155-160, ago. 2017.

SPERA, M. R. N.; CUNHA, R.; TEIXEIRA, J. B. Quebra de dormência, viabilidade e conservação de sementes de buriti (*Mauritia flexuosa*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1567-1572, dez. 2001.

TAMBASCIA, M. B.; TEIXEIRA, J. P. F. Mamona: determinação quantitativa do teor de óleo. **Bragantia**, Campinas, v. 45, n. 1, p. 23-27, 1986.

TAPPIN, M. R. R. *et al.* Análise química quantitativa para a padronização de óleo de copaíba por cromatografia em fase gasosa de alta resolução. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 236-240, mar./abr. 2004.

TARIGAN, J. B. *et al.* Rapid biodiesel production from palm kernel through in situ transesterification reaction using CaO as catalyst. **International Journal of Applied Chemistry**, v. 13, n. 3, p. 631-646, jan. 2017.

TÁVORA, F.L. **História e economia dos biocombustíveis no Brasil**. Centro de Estudos da Consultoria do Senado, 89, 2011. Não Paginado. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td-89-historia-e-economia-dos-biocombustiveis-no-brasil>> Acesso em 14 abr 2018.

THOMAS, A. O. *et al.* Natural attenuation of fatty acid methyl esters (FAME) in soil and groundwater. **Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology**, v. 50, p. 301-317, june 2017.

TIGRE, R. C. **Atividades alelopática de *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. sobre a germinação e o crescimento inicial de *Lactuca sativa* L.** 2009. 141f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Pernambuco.

TIGRE, R. C. **Investigação dos mecanismos de ação dos aleloquímicos de *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. sobre *Lactuca sativa* L. e *Solanum lycopersicum* Mill.** 2014. 241f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Pernambuco.

TIGRE, R. C. *et al.* Allelopathic and bioherbicidal potential of *Cladonia verticillaris* on the germination and growth of *Lactuca sativa*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 84, p. 125-132, jul. 2012.

TREVIZAM, C. J.; CORREIA, D.; DUARTE, V. T. R. Otimização do processo de extração do óleo de licuri (*Syagrus coronata*). **Revista Engenho**, v. 10, p. 1-19, dez. 2014.

UNCCD. **Ficha Informativa**, 2. 1994. Disponível em: <http://catalogue.unccd.int/842_Factsheets_SPA.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2018.

UNEP. **Status of desertification and implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification**. Nairobi: UNEP, 1991. 88 p.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Desertificação no Nordeste brasileiro:** sua formação e sua contenção. Recife: MEC, 2000. 64 p.

_____. **Processos de desertificação no Nordeste.** Recife: SUDENE, 1983. 98 p.

VEIGA JR., V. F.; PATITUCCI, M. L.; PINTO, A. C. Controle de autenticidade de óleos de copaíba comerciais por cromatografia gasosa de alta resolução. **Química Nova**, São Paulo, v. 20, n. 6, p. 612-615, 1977.

VENTURA, D. A. M. F.; ALVES, K. B.; SANTOS, M. K. V. A. Análise comparativa entre o biodiesel de girassol e o biodiesel de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, IV., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, I., 2010, João Pessoa. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. P. 7-12. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/855023/1/BID06.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

VERÓN, S. R.; PARUELO, J. M.; OESTERHELD, M. Assessing desertification. **Journal of Arid Environments**, v. 66, n. 4, p. 751-763, sep. 2006.

WEHLMANN, J. Use of esterified rapeseed oil as plasticizer in plastics processing. **Fett/Lipid**, v. 101, n. 7, p. 249-256, july 1999.

WICHMANN, H.; BAHADIR, M. Bio-based ester oils for use as lubricants in metal working. **Clean**, v. 35, n. 1, p. 49-51, feb. 2007.

WILSEY, B. J.; BARBER, K.; MARTIN, L.M. Exotic grassland species have stronger priority effects than natives regardless of whether they are cultivated or wild genotypes. **New Phytol.** v. 205, p. 928-937, 2015.

WORLDWATCH INSTITUTE. **Biofuels for transport : global potential and implications for energy and agriculture.** Eartscan, London, 2007. 452 p.

YANG, Q. H.; YE, W. H.; YIN, X. J. Dormancy and germination of *Areca triandra* seeds. **Scientia Horticulturae**, v. 113, n. 1, p. 107-111, june 2007.

ZAMBIAZZI, E. V. *et al.* Desempenho agronômico e qualidade sanitária de sementes de soja em resposta à adubação potássica. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 3, p. 543-553, set. 2017.

ZAU, M. D. L.; VASCONCELOS, R. P.; GIACON, V. M.; LAHR, F. A. R. Avaliação das propriedades química, física e mecânica de painéis aglomerados produzidos com resíduo de madeira da Amazônia - Cumaru (*Dipteryx Odorata*) e resina poliuretana à base de óleo de mamona. **Polímeros**, São Carlos, v. 24, n. 6, p. 726-732, nov./dez. 2014.

ZULLO, M. A. T. *et al.* Produtividade e qualidade do óleo de linhagens de amendoim. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 2, p. 105-112, 1993.

ZHANG, X. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. **Biodegradability of biodiesel in the aquatic environment**. v. 41, n. 5. p. 1423-1430, 1998.