



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE -
PRODEMA

PATRÍCIO RINALDO DOS SANTOS

IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELA ALGAROBEIRA (*Prosopis juliflora*) (Sw.) DC. NO PERÍMETRO IRRIGADO DO MOXOTÓ, IBIMIRIM - PE

Recife

2022

PATRÍCIO RINALDO DOS SANTOS

IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELA ALGAROBEIRA (*Prosopis juliflora*) (Sw.) DC. NO PERÍMETRO IRRIGADO DO MOXOTÓ, IBIMIRIM – PE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Gestão e Políticas Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Magna Soelma Beserra de Moura

Coorientadora: Profa. Dra. Josiclêda Domiciano Galvêncio

Recife

2022

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria do Carmo de Paiva, CRB4-1291

S23 Santos, Patrício Rinaldo dos.

Impactos ambientais provocados pela algarobeira (*Prosopis juliflora*) (Sw.) DC. no perímetro irrigado do Moxotó, Ibimirim - PE / Patrício Rinaldo dos Santos. – 2022.

154 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora : Prof^a. Dr^a. Magna Soelma Beserra de Moura.
Coorientador : Prof^a. Dr^a. Josiclêda Domiciano Galvêncio.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Recife, 2022.

Inclui referências e apêndices.

1. Meio ambiente. 2. Impacto ambiental. 3. Algaroba. 4. Sensoriamento remoto. 5. Percepção ambiental. 6. Sustentabilidade. I. Moura, Magna Soelma Beserra de (Orientadora). II. Galvêncio, Josiclêda Domiciano (Coorientadora). III. Título.

363.7 CDD (22. ed.)

UFPE (BCFCH2023-033)

PATRÍCIO RINALDO DOS SANTOS

IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELA ALGAROBEIRA (*Prosopis juliflora*) (Sw.) DC. NO PERÍMETRO IRRIGADO DO MOXOTÓ, IBIMIRIM – PE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Gestão e Políticas Ambientais.

Aprovado em: 26 de Agosto de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br MAGNA SOELMA BESERRA DE MOURA
Data: 23/01/2023 09:36:56-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof^ª. Dr^ª. Magna Soelma Beserra de Moura (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
gov.br REJANE MAGALHAES DE MENDONÇA PIMEN
Data: 23/01/2023 09:50:28-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof^ª. Dr^ª. Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel (Examinador Titular Externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
gov.br IÊDO BEZERRA SÁ
Data: 23/01/2023 13:59:42-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Dr. Iêdo Bezerra Sá (Examinador Titular Externo)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Semiárido

Documento assinado digitalmente
gov.br VALERIA SANDRA DE OLIVEIRA COSTA
Data: 23/01/2023 11:58:35-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Dr^ª. Valeria Sandra de Oliveira Costa (Examinadora Titular Externa)
Universidade Federal de Pernambuco

Aos meus Pais, SEVERINA DOS SANTOS e RINALDO RAIMUNDO DOS SANTOS, fonte de amor incondicional, dedicação e inspiração em todos os momentos de minha vida.

Aos meus irmãos, Carla Leidiane Santos e Cícero Henrique dos Santos, pela confiança, apoio e incentivo.

Ao meu Bizavô Joaquim Antônio dos Santos (Quinca Pedro) (*in memorian*), à minha avó Maria do Socorro dos Santos (*in memorian*) e ao meu Avô Raimundo Joaquim dos Santos (Raimundinho de Quinca Pedro) (*in memorian*), exemplos de amor, incentivo, perseverança e coragem.

Aos meus avós maternos Manoel Odilon dos Santos e Valdeci Maria dos Santos, exemplares em matéria de amor, conselhos, cuidado e opinião.

Às pessoas que amam e respeitam a natureza como a si mesmas.

AGRADECIMENTOS

À Deus todo poderoso pela sua infinita glória, proteção e bênçãos, por ter me concedido saúde, livramentos e sabedoria para concluir mais esta etapa da minha vida acadêmica e profissional.

À minha família, por acreditarem em meu potencial, em especial à minha namorada Jaqueline Vieira Lima (Minha ajudadora fiel) e à seus familiares pela força, confiança, carinho, coragem e cuidado para com a minha pessoa na condução desta pesquisa e durante o período mais difícil da minha vida, em que estive enfermo e em processo de recuperação da minha cirurgia de cabeça.

À Universidade Federal de Pernambuco, uma instituição de ensino de renome no âmbito da pesquisa científica brasileira.

Ao Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFPE) e ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO/UFPE) pelos conhecimentos e ensinamentos proporcionados.

À minha orientadora, Profa. Dra. Magna Soelma Beserra de Moura, pela estimada paciência, orientações, assistência e companheirismo frente ao desenvolvimento desta pesquisa, e sobretudo, sensibilidade mediante ao problema de saúde pelo qual passei.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de estudo, sem a qual não seria possível a realização desta pesquisa.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Semiárido, pela liberação da bolsa de estudos ofertada pela FACEPE.

À toda a equipe do Hospital da Restauração Governador Paulo Guerra (HR), Recife – PE, pelo o profissionalismo e demonstração de amor, carinho e cuidado, em especial aos meus médicos neurocirurgiões Bidansanta Na Isna e Igor Vilela Faquini, pessoas usadas por Deus para acrescentar meus dias de vida na terra entre os viventes.

À banca de qualificação e defesa, Prof^ª Dr^ª Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel, Iedo Beserra Sá e Valéria Sandra de Oliveira Costa, pela disponibilidade e considerações, que foram eficazes para conclusão da pesquisa.

À todos os agricultores do Perímetro Irrigado do Moxotó, em Ibimirim, pela atenção, disponibilidade e interesse em participar da pesquisa, e à Secretária de Agricultura e Meio Ambiente pela compreensão e paciência durante o período de conclusão desta pesquisa.

Aos amigos Fernando Alexandre, Renilson Ramos, Juarez Antônio e Gerlan Silva pelo o incentivo, orações e ajudas que foram essenciais para a conclusão desta pesquisa.

À todos os colegas de curso pela amizade, afeto, paciência e conhecimentos partilhados nas pessoas de Herica Fernanda, Arthur Felipe, Maria Luiza Cavalcanti, Marilene Beserra, Sergio Libombo, Jesse Rafael, Carlos Vasconcelos e Luana Cândido Santos.

À minha grande colega de curso, amiga e irmã Valdilene Santana pela força, companheirismo, ajudas e conselhos durante toda essa caminhada.

À todos os companheiros, estudantes e pesquisadores do Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO/UFPE), em especial ao João Antônio Pereira, Josimar Reis e Rodrigo de Queiroga Miranda pela humildade, conhecimentos compartilhados, camaradagem e demonstração de amor pelo próximo.

Aos amigos Valdemir Lopes, Delson de Jesus, Dgeson Pires e Bruno Toríbio pelos sinceros conselhos, incentivo, acolhimento, consideração e apego em todos os momentos, testemunhas do meu esforço e dedicação, desde bem antes do início desta jornada.

Aos amigos da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE pela amizade, humildade, força, companheirismo e ensinamentos, em especial a Breno Leonan, Douglas Alberto, Daniel Dantas, Soraya El-Deir, Pedro Henrique, Ailton Carvalho, Jhon Lennon Bezerra, Djaran Sobral, Paulo Godoy, e Sisgo Rachith Acuña Chinchilla da Universidade da Costa Rica (UCR), com os quais aprendi a fazer pesquisa, fontes inesgotáveis de inspiração.

E a todos que direta e indiretamente contribuíram para realização e desenvolvimento deste trabalho.

“Não to mandei eu? Esforça-te, e tem bom ânimo; não temas, nem te espante; porque o Senhor teu Deus é contigo, por onde quer que andares” (JOSUÉ, 1:9).

RESUMO

Espécies do gênero *Prosopis*, entre elas *P. juliflora*, mais comumente denominada algaroba, foram introduzidas em diferentes ambientes semiáridos para fins distintos, proporcionando impactos benéficos e adversos às comunidades, principalmente camponesas. Assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar os impactos ambientais provocados pela algarobeira (*Prosopis juliflora*) (Sw.) DC., nos terrenos do Perímetro Irrigado do Moxotó (PIMOX) em Ibimirim - Pernambuco. Utilizou-se técnicas de classificação de imagens de satélite, como índices de vegetação e partições do balanço de energia obtidas no período seco, entre os anos de 1987 e 2019, aliada à verificação de campo com coleta de pontos oriundos do Sistema de Posicionamento Global (GPS) de áreas com *P. juliflora*. Visando a identificação da propagação de dosséis da espécie, foram calculados o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Área Foliar (IAF), além do saldo de radiação (Rn) e da evapotranspiração real (ET), cujos resultados foram apresentados em mapas, gráficos e tabelas. Questionários estruturados foram aplicados com uma amostragem de 30 agricultores do PIMOX, e o *software* ATLAS.ti 9 foi usado para análises qualitativas, complementadas por indicadores socioambientais (Análise de *stakeholders* e força motriz/pressão, estado, impacto, resposta - DPSIR). Constatou-se uma invasão escalar da classe de algaroba esparsa, com um aumento de 273 Km², no período de 1987-1991. Nos derradeiros 35 anos, período espaço-temporal de análise 1987-2019, houve um decréscimo de mais de 100% quanto aos níveis de invasão da classe algaroba densa de 1988 para 2019. A invasão de *P. juliflora* aumentou significativamente nos últimos anos desde a introdução da espécie no ano de 1985, existem muitos *stakeholders* com aptidão para executar projetos em prol dos serviços ecossistêmicos prestados pela colonização de *P. juliflora* no PIMOX. Recomenda-se o uso de geotecnologias por parte dos órgãos de fiscalização ambiental, participação da população na tomada de decisão e adoção de técnicas de manejo e controle hábeis para a espécie em evidência.

Palavras-chave: Espécie Exótica; Invasão; Sensoriamento Remoto; Percepção Ambiental; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Species of the genus *Prosopis*, including *P. juliflora*, more commonly called algaroba, were introduced in different semi-arid environments for different purposes, providing beneficial and adverse impacts to communities, mainly peasants. Thus, this research aimed to evaluate the environmental impacts caused by the mesquite tree (*Prosopis juliflora*) (Sw.) DC., in the lands of the Irrigated Perimeter of Moxotó (PIMOX) in Ibimirim - Pernambuco. Satellite image classification techniques were used, such as vegetation indices and energy balance partitions obtained in the dry period, between 1987 and 2019, combined with field verification with the collection of points from the Global Positioning System (GPS) of areas with *P. juliflora*. In order to identify the propagation of canopies of the species, the Vegetation Index by Normalized Difference (NDVI) and the Leaf Area Index (LAI) were calculated, in addition to the net radiation (Rn) and the real evapotranspiration (ET), whose results were presented in maps, graphs and tables. Structured questionnaires were applied to a sample of 30 PIMOX farmers, and the ATLAS.ti 9 software was used for qualitative analyses, complemented by socio-environmental indicators (Analysis of stakeholders and driving force/pressure, state, impact, response - DPSIR). A scalar invasion of the sparse mesquite class was found, with a total increase of 273 km², in the period 1987-1991. In the last 35 years, spatiotemporal analysis period 1987-2019, there was a decrease of more than 100% in the invasion levels of the algaroba dense class from 1988 to 2019. Invasion of *P. juliflora* increased significantly in the last years since the introduction of the species in 1985, there are many stakeholders with aptitude to carry out projects in favor of the ecosystem services provided by the colonization of *P. juliflora* in PIMOX. It is recommended the use of geotechnologies by environmental inspection bodies, participation of the population in decision-making and the adoption of skillful management and control techniques for the species in evidence.

Keywords: Exotic Species; Invasion; Remote sensing; Environmental Perception; Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição natural de espécies do gênero <i>Prosopis</i> nos continentes.....	29
Figura 2 – Distribuição natural de espécies do gênero <i>Prosopis</i> no Brasil.....	30
Figura 3 – Distribuição natural de espécies do gênero <i>Prosopis</i> no Nordeste do Brasil.....	32
Figura 4 – Localização geográfica do Perímetro Irrigado do Moxotó – PIMOX, Ibimirim.....	45
Figura 5 - Fluxograma da etapa de obtenção de dados de sensoriamento remoto.....	48
Figura 6 - Fluxograma das técnicas para obtenção do NDVI e IAF do PIMOX, Pernambuco.....	52
Figura 7 - Sequência de processamento da carta temática do Rn e ET com utilização dos produtos MODIS.....	53
Figura 8 - Coleta de pontos no PIMOX com uso do GPS Portátil Gamin Etrex 10.....	55
Figura 9 - Informando a chegada da algarobeira em Ibimirim, com residente maior do que 80 anos na Vila Poço da Cruz, Ibimirim, PE.....	59
Figura 10 - Aplicação de entrevistas semiestruturadas com irrigante do PIMOX, Agrovila V.....	60
Figura 11 - Tela inicial do <i>software</i> ATLAS.ti.....	64
Figura 12 - Fluxograma de análise das entrevistas.....	64
Figura 13 - NDVI para o PIMOX, Pernambuco.....	68
Figura 14 - Evolução das classes do NDVI no PIMOX, Pernambuco.....	72
Figura 15 - IAF para o PIMOX, Pernambuco.....	74
Figura 16 - Mapas de saldo de radiação (Rn) no PIMOX.....	77
Figura 17 - Mapas de evapotranspiração (ET) da área do PIMOX, Pernambuco.....	79
Figura 18 - Propagação de <i>P. juliflora</i> em área de agricultura irrigada do PIMOX.....	81
Figura 19 - Boxplots Saldo de Radiação do PIMOX.....	82
Figura 20 – Boxplots da evapotranspiração do PIMOX, Pernambuco.....	83
Figura 21 - Regressão linear entre a evapotranspiração e o saldo de radiação para os pixels dos pontos GPS coletados no PIMOX em áreas de algarobas.....	84
Figura 22 - Gênero dos agricultores entrevistados na pesquisa.....	86
Figura 23 - Faixa etária dos agricultores entrevistados na pesquisa.....	86
Figura 24 - Nível de educação (escolaridade) dos entrevistados.....	87
Figura 25 - Décadas de ocupações dos agricultores nos terrenos do PIMOX.....	88
Figura 26 - Sentimentos negativos – Blocos A e B do formulário semiestruturado.....	90
Figura 27 - Sentimentos positivos - Bloco A e B do formulário semiestruturado.....	91
Figura 28 - Rede de categorias elaborada para representação do código histórico, atividades e usos de <i>P. juliflora</i> , PIMOX, Ibimirim.....	92
Figura 29 - Fluxograma dos <i>stakeholders</i> da algarobeira presentes no PIMOX.....	95
Figura 30 - Extrativismo de lenha de algarobeiras no PIMOX.....	100
Figura 31 – Carga de lenha de algarobeiras pronta para o comércio.....	100
Figura 32 - Grade de Análise de <i>stakeholders</i>	103
Figura 33 - Avaliando o conhecimento e percepções dos agricultores do PIMOX.....	104
Figura 34 - Estrago em canal de irrigação provocado pela invasão de árvores de algarobeira no PIMOX.....	105
Figura 35 – Esquema do modelo DPSIR.....	106

Figura 36 – Quadro DPSIR sobre a <i>P. juliflora</i> no PIMOX	108
Figura 37- Vista parcial do rio Moxotó cortando o lote nº 05 do PIMOX	109
Figura 38 – Vista parcial do rio Moxotó às margens da zona urbana e do PIMOX, Ibimirim – PE	110
Figura 39 – Colonização e impactos decorrentes de <i>Prosopis juliflora</i> em lotes do PIMOX, Ibimirim – PE.....	111
Figura 40 - Erradicação de <i>P. juliflora</i> em lotes do PIMOX	113

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais atividades rurais produtivas no município de Ibimirim.....	43
Quadro 2 – Características das imagens Landsat obtidas do EEFFLUX MATRIC utilizadas neste estudo.....	49
Quadro 3 – Sistematização dos componentes e categorias para análise textual.....	65
Quadro 4 - Locais de ocorrência e histórico da <i>P. juliflora</i> no PIMOX, Pernambuco	93
Quadro 5 - Percepção ambiental dos agricultores sobre os impactos de <i>P. juliflora</i> no PIMOX, Pernambuco.....	94
Quadro 6 - Indicadores para a estruturação do modelo DPSIR.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação de coordenadas geográficas das propriedades visitadas no Perímetro Irrigado do Moxotó - PIMOX, Ibimirim – PE	56
Tabela 2 - Áreas classificadas de acordo com o NDVI para áreas de algaroba do PIMOX, Pernambuco	69
Tabela 3 - Áreas classificadas de acordo com o NDVI para o solo do PIMOX, Pernambuco	71
Tabela 4 - Áreas classificadas de acordo com o IAF no PIMOX, Pernambuco	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ASCAPRI	Associação dos Criadores de Caprinos e Ovinos de Ibimirim
ASSAPI	Associação dos Apicultores de Ibimirim
ASSUVAM	Associação Umburanas do Vale do Moxotó
BB	Banco do Brasil
BNB	Bancos do Nordeste do Brasil
CEASAPE	Centro de Educação Ambiental do Semiárido e Pernambuco
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CNS	Conselho Nacional de Saúde
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco
CONSUL	Conselho dos Usuários de Água do Açude Poço da Cruz
CPRH	Companhia Pernambucana de Meio Ambiente
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DNPA	Departamento Nacional de Produção Animal
DPSIR	Modelo Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta
DSF	Departamento de Serviço Florestal
EEFLux	Fluxo de Evapotranspiração do Motor da Terra
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EMATER	Empresas de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresas de Assistência Técnica e Extensão Rural
ETM+	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i>
IAF	Índice de Área Foliar
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCTSal	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade
IAS	Estudo ambiental simplificado
EIA	Estudo de impacto ambiental
IPA	Instituto Agrônomo de Pernambuco

ISO	<i>International Organization for Standardization, ou Organização Internacional</i>
ITEP	Instituto de Tecnologia de Pernambuco
MDE	Modelo Digital de Elevação
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
OLI	<i>Operacional Terra Image</i>
ONGs	Organizações Não-Governamentais
OSCIPs	Organizações da Sociedade Civil
PIMOX	Perímetro Irrigado do Moxotó
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SEMAS	Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco
SERTA	Serviço de Tecnologia Alternativa
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
STR	Sindicato dos Trabalhadores Rurais
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TIRS	<i>Thermal Infra Red Sensor</i>
TM	<i>Themactic Mapper</i>
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UNIVALE	Associação dos Produtores Rurais Irrigantes do Vale do Moxotó
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	OBJETIVOS	22
2.1	OBJETIVO GERAL.....	22
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
3	ESTRUTURA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO	23
4	REVISÃO DE LITERATURA	24
4.1	IMPACTO AMBIENTAL - CONCEITOS E RESOLUÇÕES.....	24
4.2	A ALGAROBEIRA (<i>Prosopis juliflora</i>) (Sw.) DC.....	25
4.2.1	Características gerais.....	25
4.2.2	Histórico e principais áreas de ocorrência da <i>P. juliflora</i> no mundo.....	27
4.2.3	Distribuição da algarobeira no Nordeste do Brasil.....	30
4.2.4	Usos em terrenos áridos e semiáridos.....	32
4.3	SENSORIAMENTO REMOTO.....	34
4.3.1	Uso do sensoriamento remoto orbital na detecção de espécies invasoras.....	35
4.3.2	Uso do sensoriamento remoto na detecção de espécies <i>Prosopis</i> Sp.....	36
4.4	ÍNDICES DE VEGETAÇÃO.....	36
4.4.1	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI.....	37
4.4.2	Índice de Área Foliar – IAF.....	37
4.5	BALANÇO DE ENERGIA.....	38
4.5.1	Saldo de radiação.....	39
4.5.2	Evapotranspiração.....	39
4.6	PERCEPÇÃO AMBIENTAL SOBRE <i>Prosopis juliflora</i>	40
4.7	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE.....	41
4.8	O PERÍMETRO IRRIGADO DO MOXOTÓ.....	41
4.8.1	Demografia e divisão política – administrativa.....	42
4.8.2	Aspectos socioeconômicos.....	43
5	MATERIAL E MÉTODOS	45
5.1	LOCAL DE ESTUDO.....	45
5.1.1	Clima.....	45
5.1.2	Vegetação.....	46
5.1.3	Hidrografia.....	47
5.1.4	Geologia e solos.....	47
5.2	DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO.....	47

5.2.1	Dados de satélite e pré-processamento.....	48
5.2.2	Índices de vegetação – NDVI e IAF.....	49
5.2.3	Saldo de radiação (Rn) e evapotranspiração (ET).....	52
5.3	PRÉ-ANÁLISE DOS LOCAIS A SEREM PESQUISADOS.....	54
5.3.1	Seleção dos lotes estudados.....	54
5.3.2	Localização dos lotes escolhidos para a pesquisa.....	55
5.4	PERCEPÇÃO AMBIENTAL DOS AGRICULTORES.....	56
5.4.1	Fundamentos éticos.....	56
5.4.2	Coleta de dados primários.....	57
5.4.3	Estrutura do questionário.....	57
5.4.4	Perfil dos entrevistados.....	58
5.4.5	Técnicas de coleta de dados.....	59
5.4.6	Análise de conteúdo.....	61
5.4.7	O <i>Software</i> ATLAS.ti aplicado a percepção socioambiental sobre a algarobeira.....	61
5.4.8	Passos para a condução da análise das entrevistas no <i>software</i> ATLAS.ti 9.....	62
5.5	ANÁLISES DAS PARTES INTERESSADAS – <i>STAKEHOLDERS</i>	65
5.6	ANÁLISES DE IMPACTO: INDICADORES SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS NO MODELO DPSIR (FORÇA MOTRIZ/PRESSÃO, ESTADO, IMPACTO, RESPOSTA)	66
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
6.1	ÍNDICES DE VEGETAÇÃO.....	67
6.1.1	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI.....	67
6.1.2	Índice de Área Foliar – IAF.....	73
6.2	BALANÇO DE ENERGIA.....	77
6.2.1	Saldo de radiação (Rn).....	77
6.2.2	Evapotranspiração diária.....	78
6.2.3	Regressão Linear.....	84
6.3	PERCEPÇÃO AMBIENTAL DOS AGRICULTORES DO PIMOX SOBRE A ALGAROBEIRA	85
6.3.1	Características socioeconômicas e demográficas dos entrevistados.....	85
6.3.2	Nuvem de palavras a partir de análises de sentimentos no ATLAS.ti	88
6.3.3	Rede de citações	91
6.4	ANÁLISE DAS PARTES INTERESSADAS – <i>STAKEHOLDERS</i>	95
6.4.1	<i>Stakeholders</i> da Administração Pública Federal.....	96

6.4.2	<i>Stakeholders</i> da Administração Pública Estadual.....	97
6.4.3	<i>Stakeholders</i> da Administração Pública Municipal.....	99
6.4.4	<i>Stakeholders</i> das Organizações da Sociedade Civil (OSCIPs) e Organizações Não-Governamentais (ONGs).....	101
6.4.6	Grade de análise de partes interessadas.....	102
6.5	ANÁLISE DE MODELO FORÇA MOTRIZ, PRESSÃO, ESTADO, IMPACTO, RESPOSTA – DPSIR.....	105
6.5.1	Forças motrizes (<i>Drivers</i>) e pressões (<i>Pressures</i>).....	108
6.5.2	Mudanças de estado/impacto.....	110
6.5.3	Respostas.....	112
7	CONCLUSÕES.....	115
8	RECOMENDAÇÕES.....	117
	REFERÊNCIAS.....	118
	APÊNDICE A – ROTEIRO PARA AS ENTREVISTAS.....	141
	APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	147
	APÊNDICE C – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP 3.985.218.....	145
	APÊNDICE D – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP 6.026.205.....	153

1 INTRODUÇÃO

A algarobeira (*Prosopis juliflora*) (Sw.) DC. pertence à família Fabaceae (Leguminosae), subfamília Mimosoideae e gênero *Prosopis*, da seção algaroba, que tem seis séries. Especificamente, ela pertence à série Chilensis que contém onze espécies e muitas variedades (GEMEDA, 2020). Tem-se naturalizado e invadido várias regiões tropicais e subtropicais em todo o mundo a uma taxa alarmante (DAKHIL *et al.*, 2021). Trata-se de uma espécie considerada invasora que se espalhou, de forma célere, em algumas regiões do globo, transformando a biodiversidade, os serviços ambientais e os meios de sustento, sobretudo em comunidades campesinas.

No Nordeste do Brasil, é uma espécie encontrada em populações cultivadas e subespontâneas. Sua introdução ocorreu a partir de 1942, em Serra Talhada, Pernambuco, com sementes procedentes de Piura, Peru (AZEVEDO, 1961; GOMES, 1961; SILVA, 2001; NASCIMENTO 2008; ALVES; SANTOS; SILVA, 2019), para fins de suplementação alimentar do gado (NOBRE, 1982; NASCIMENTO, 2008), e ainda, ser uma alternativa de reflorestamento em áreas desmatadas do bioma Caatinga (SILVA, 1989; SANTOS *et al.*, 2021).

De forma geral, a algaroba promove efeitos no ambiente que podem ser classificados como positivos e negativos (SANTOS, 2015), e seu entendimento é de grande importância para o correto manejo da espécie (BIRHANE *et al.*, 2017). O impacto ecológico e socioeconômico da *Prosopis juliflora* está associado ao seu nível e intensidade de expansão, pois é considerada uma das ameaças, principalmente para a subsistência pastoral no meio ambiente, devido à sua natureza invasiva (BEKELE *et al.*, 2018). Ela pode infestar pastagens, terras cultivadas irrigadas e canais de irrigação, causando deslocamento irreversível de gramíneas naturais de pastos e de espécies nativas de árvores (KASSAHUN; YOHANNES; OLANI, 2005; ABDULAH; UTE; REGASA, 2017). Também fornece importantes serviços ecossistêmicos, como produtos à base de madeira, por exemplo, lenha e carvão vegetal; e acréscimo à forragem disponível, já que suas vagens podem ser consumidas por bovinos e caprinos para aumentar a sustentabilidade dos rebanhos (LINDERS *et al.*, 2021).

Apesar do aumento na disponibilidade de dados e na redução de custos para obtenção de informações, ainda é difícil mapear a *P. juliflora* no espaço, uma vez que a planta pode ser facilmente confundida com outras espécies, principalmente com aquelas com morfologia altamente variável. A grande extensão geográfica e a variação na vegetação, paisagem e clima exigem o uso de um procedimento semiautomatizado para o mapeamento de *Prosopis*

(AMBOKA; NGIGI, 2015), o que tem recebido atenção crescente nos últimos anos (MBAABU *et al.*, 2019).

Extensos campos destinados à cultivos agrícolas irrigados ao longo do Perímetro Irrigado do Moxotó (PIMOX), no Sertão do estado de Pernambuco, situado no Submédio do Vale São Francisco, também foram supostamente invadidos pela *P. juliflora*, provocando impactos negativos e positivos nos serviços ecológicos e nos meios de estabilidade dos campesinos (agricultores irrigantes) residentes na região. Apesar de todos os conflitos observados neste território, inexistem estudos com foco no monitoramento e na estimativa da distribuição da *P. juliflora* neste sistema agrícola.

Dados espectrais oriundos de imagens de diferentes sensores acoplados a satélites da série LANDSAT podem fazer a diferença como ferramenta crucial na detecção da dispersão de *P. juliflora*. Estudos fundamentados na utilização de imagens multitemporais e multiespectrais de satélite, visando averiguar e mapear a evolução dos dosséis desta espécie no PIMOX ainda não foram testados.

Embora os métodos de pesquisa de campo tenham sido usados para avaliar e monitorar as invasões de plantas, técnicas de sensoriamento remoto são capazes de fornecer melhor estimativa e mapeamento da invasão de espécies, especialmente em grandes extensões espaciais (AL-WARDY *et al.*, 2021), assim como em terras agrícolas afetadas por saís que estão em pousio e cobertas por *P. juliflora*, árvore de espécie exótica perene e espinhosa (BHAGAT; MORE, 2013).

Existem pesquisas efetivadas na região Nordeste do Brasil com o uso de tecnologia de sensoriamento remoto que identificaram o alastramento da *P. juliflora* em áreas nativas de caatinga (PEREIRA *et al.*, 2013; SANTOS; DIODATO, 2016; SILVA, 2016; SANTOS *et al.*, 2017). Porém, não foram avaliadas e determinadas as áreas de propagação de *Prosopis* em campos agrícolas, semelhante aos do PIMOX, envolvendo diagramação rápida e precisa da distribuição, bem como a averiguação das condições ambientais por meio de índices de vegetação e algoritmos como o balanço de energia representado pelas suas partições em evapotranspiração real e saldo de radiação.

Por isso, faz-se indispensável o uso de geotecnologias capazes de discriminar a vegetação de espécies endêmicas do bioma caatinga quanto à presença da árvore exótica, *P. juliflora*. A infestação descontrolada desta espécie em ambientes designadamente agrônômicos ou de roçado deste perímetro tem ocasionado transtornos nos afazeres dos agricultores. Os agricultores do PIMOX não podem deixar terras em descanso por muito tempo, caso contrário são ligeiramente invadidas por *P. juliflora*. Isto ocorre principalmente em áreas susceptíveis à

sua colonização, como espaços com temperatura elevada e modificados pela ação antrópica, como no semiárido do Nordeste brasileiro.

Com esta análise, espera-se reduzir os possíveis prejuízos para a agricultura irrigada e de sequeiro, criação de animais, custos de produção e a pressão sobre as espécies nativas, pastagens e demais recursos naturais como solos, nascentes de água superficiais e subterrâneas, controle e melhoria dos índices de evapotranspiração *in loco* e demonstrar que a utilização da ciência é essencial para um melhor manejo da espécie em áreas de agricultura, visando garantir a sustentabilidade ambiental.

Uma avaliação dos impactos provocados pela propagação desta planta, realizada por meio de geotecnologias, como o sensoriamento remoto, aliada a técnicas de percepção sobre o meio ambiente e indicadores ambientais, como a análise de *stakeholders* e modelo DPSIR (Forças motoras, Pressões, Estado, Impacto e Respostas), quando planejados e operados cuidadosamente, possuem maior eficiência na conservação e preservação dos recursos naturais. Esses procedimentos se despontam como uma alternativa que pode auxiliar na promoção de políticas públicas para o ativo gerenciamento e controle da disseminação de *P. juliflora*.

É indispensável o desenvolvimento de pesquisas científicas visando a supervisão imediata do comportamento invasivo desta planta, contribuindo com uma maior eficiência no gerenciamento do uso da cobertura do solo invadido por ela, com proposições efetivas de manejo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os impactos ambientais provocados pela algarobeira (*Prosopis juliflora*) (Sw.) DC.) nos terrenos do Perímetro Irrigado do Moxotó.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Identificar as propriedades (lotes) do Perímetro Irrigado do Moxotó com maior concentração da espécie exótica *P. juliflora*;
- b. Determinar a expansão da algarobeira nos últimos 35 anos na área do Perímetro Irrigado do Moxotó;
- c. Diagnosticar a percepção socioambiental dos agricultores sobre a presença da *P. juliflora*;
- d. Identificar os principais *stakeholders* e interações entre a sociedade e o meio ambiente por meio do modelo DPSIR (Forças motoras, Pressões, Estado, Impacto e Respostas), focando os estratos de *P. juliflora*.

3 ESTRUTURA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

Além do marco introdutório, objetivos, referencial bibliográfico e procedimentos metodológicos adotados, o presente estudo encontra-se estruturado quanto aos seus resultados em três partes consecutivas da seguinte maneira: i) Aspectos pertinentes ao uso do sensoriamento remoto na detecção e mapeamento dos dosséis de *P. juliflora* por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de área Foliar (IAF) e componentes do balanço de energia no Perímetro Irrigado do Moxotó – PIMOX; ii) Percepção ambiental dos produtores rurais sobre a invasão das árvores de *P. juliflora* nas propriedades do PIMOX por meio de questionários semiestruturados e; iii) Execução de análises de *stakeholders* e do modelo DPSIR (Forças motoras, Pressões, Estado, Impacto e Respostas) mais comumente denominados indicadores de sustentabilidade ambiental. Concluindo-se com proposições de manejo para áreas ocupadas com algarobeiras no PIMOX.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 IMPACTO AMBIENTAL - CONCEITOS E RESOLUÇÕES

Impacto ambiental é toda e qualquer interferência do homem sobre o meio ambiente, podendo ela ser positiva ou negativa sendo, a positiva de maneira a auxiliar e conservar o meio ambiente e a manter seu equilíbrio; e a negativa, qualquer atividade que degrade o meio ambiente, independente da intensidade (AGUIAR, 2019). Em geral, considera-se como impactos ambientais dificuldades provenientes de ações antrópicas de pequeno e médio porte em uma determinada localidade, e em curto espaço de tempo. As alterações no meio ambiente que são provocadas pelos atos da sociedade, sejam eles de quaisquer intensidades, em determinados lugares ou regiões, também são chamados de impactos ambientais.

Os impactos ambientais são ocasionados quando há rompimento do equilíbrio ecológico devido à pressão que o ser humano exerce sobre os recursos naturais (ANTONI; FOFONKA, 2018). Porém, também podem ser originários das atividades naturais, podendo causar benefícios ou prejuízos conforme suas proporções. Estão sendo cada vez mais evidenciados na atualidade, à medida em que o processo de exploração e apropriação da natureza está se dando de maneira desordenada, sem nenhum controle e com total desrespeito com um bem tão precioso: o meio ambiente. A preocupação está voltada para a acumulação e o crescimento econômico, sem considerar o modo como estes estão sendo realizados (PEREIRA; CURI, 2012).

O conceito jurídico legal de impacto ambiental, encontra-se também em normatizações criadas no âmbito jurídico ambiental brasileiro, dentre as quais, destacam-se a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 01 de 23 de janeiro de 1986 (BRASIL, 1986), que dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental; Norma NBR ISO 14.001: 2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que dispõe sobre Sistemas de Gestão Ambiental: Requisitos com orientações para uso (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004); e na Resolução do Conselho Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CONSEMA/PE) nº 01/18, que dispõe sobre as tipologias consideradas de impacto local para fins de licenciamento ambiental municipal (PERNAMBUCO, 2018), conforme previsto no art. 9º, inciso XIV, alínea “a” da lei complementar 140, de 08 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011).

A Resolução CONAMA nº 01/86, acima discriminada define impacto ambiental como sendo

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - A saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - As atividades sociais e econômicas;
- III - As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- IV - A qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

A norma NBR ISO 14.001 relata que impacto ambiental é qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004; SANTOS, 2020). Em âmbito local, o conceito se aplica a todo ou qualquer impacto ambiental direto que afete unicamente o território do município, não ultrapassando os seus limites territoriais (PERNAMBUCO, 2018).

Árvores da espécie *P. juliflora* por si só, não é um impacto ambiental, é uma planta exótica que possui aptidão de causar impactos ambientais negativos e positivos em longo, médio e curto prazo, para a qual existem medidas com viés na prevenção ou controle, minimização e, ou erradicação. A introdução de *P. juliflora* em um determinado ambiente é uma causa; sua propagação em demasia é um aspecto e a redução na capacidade de proliferação de espécies nativas, destruição de canais de irrigação e produção de vagens para alimentação dos rebanhos e recursos florestais madeireiros de cunho energético (lenha, carvão, entre outros), se constituem como sendo impactos ambientais negativos e positivos, respectivamente.

4.2 A ALGAROBEIRA (*Prosopis juliflora*) (Sw.) DC.

4.2.1 Características gerais

A algarobeira, Algarrobo-Algarroba em espanhol; Mesquite em inglês e Taco em quíchua, língua original dos nativos dos Andes, que quer dizer “árvore”, é uma planta leguminosa oleaginosa representada por diversas espécies do gênero *Prosopis* (BURNETT, 2017). O gênero *Prosopis* pertence à família Leguminosae, subfamília Mimosoideae, tribo

Mimosae (BURKART, 1976; MOSWEU *et al.*, 2013; EL FADL; LUUKKZHEN, 2003; SHERRY *et al.*, 2011). É composto por cerca de 44 espécies estabelecidas nos continentes americano, asiático e africano (SILVA, 2007; ALVES; SANTOS; SILVA, 2019), algumas das quais (*Prosopis juliflora*, *Prosopis pallida*, *Prosopis alba*, *Prosopis chilensis*, *Prosopis kuntzei*, *Prosopis nigra*, *Prosopis glandule*, dentre outras) se espalharam por diversas regiões do mundo (SILVA, 1988; CHOGE; PASIECZNIK, 2005; KYUMA, 2016), provocando impactos benéficos e adversos.

As plantas do gênero *Prosopis* apresentam características peculiares, como resistência elevada ao estresse hídrico, resistência a solos com altos teores de salinidade e, ainda, contribuem de forma significativa para fixação de nitrogênio no solo (SILVA, 2009; ALVES; SANTOS; SILVA, 2019). Alguns estudos apontam que a quantidade de nutrientes debaixo da copa das árvores é grande, isto devido a uma fertilidade adicional da simbiose das raízes e da decomposição das folhas. Há também aumento no conteúdo de matéria orgânica, bem como nos teores de micro e macro nutrientes do solo (FRANCO, 2008, FRANCO, *et al.*, 2015).

Espécies de *Prosopis*, devido à sua adaptação superior à grande variabilidade climática, tolerância à aridez e produção maciça de sementes, estão ocupando pastagens e terras agrícolas em várias regiões (PASIECZNIK *et al.*, 2001; KYUMA, 2016). Isso dá-se em virtude do grande potencial alelopático da espécie em comparação aos demais espécimes endêmicos, como por exemplo, aos do bioma caatinga.

As plantas formam florestas espinhosas impenetráveis e, na maturidade, atingem até 12 m de altura, com o diâmetro do tronco podendo alcançar até 1,2 m (BERHANU; TEFAYE, 2006). *P. juliflora* se propaga por diversos motivos, dentre os quais, o fato de as pessoas cortarem as plantas para usarem a madeira como lenha, tão logo elas alcancem de 1 a 1,5 metros de altura, fazendo com que elas brotem na próxima estação chuvosa com muita velocidade. Elas apresentam crescimento rápido e se reproduzem, principalmente, por sementes, que são dispersas por meio das fezes de animais, sejam eles utilizados nas atividades pecuárias ou presentes na vida selvagem (ICRAF, 1992; KYUMA, 2016).

A forma arbustiva densa de *P. juliflora*, com galhos espalhados, é comum. Seus galhos têm comprimento que variam entre 1 e 3 m, e ocupam especialmente locais de baixios, com bastante umidade, e áreas bem protegidas (FRANCO, 2008). A madeira de algaroba, no que diz respeito às suas características tecnológicas, é de boa qualidade, equiparando-se às tradicionais e conceituadas madeiras de uso comum na construção civil (GOMES *et al.*, 2007). Estudos indicam que a algaroba altera o ciclo da água e dos nutrientes, mudando o

armazenamento do carbono, melhorando a variabilidade climática e reduzindo a biodiversidade (SCHLESINGER *et al.*, 1990; CEBALLOS *et al.*, 2010; NIE *et al.*, 2012).

A produção de frutos oriundos da *P. juliflora* varia de 0,00 a 120 kg por árvore, observando-se, no entanto, que, no nível da inflorescência, o rendimento do fruto é baixo, comparado ao alto número de flores contidas em cada inflorescência (OLIVEIRA; PIRES, 1988). A inflorescência é uma espiga comprida, variando entre 8 e 10 cm de comprimento, com flores verdes esbranquiçadas, que ficam amarelo claro quando maduras. As plantas começam a floração entre os três e quatro anos de idade. A algaroba pode florar até três vezes ao ano, de agosto a setembro, novembro a dezembro e fevereiro a março. Suas flores são uma importante fonte de néctar e pólen, produzindo um excelente mel (DAGAR, 1998; FRANCO, 2008), e suas vagens contêm alto nível de açúcar (DUBOW, 2011).

Prosopis juliflora tem um grande quantitativo de biomassa, sistema radicular longo, e também têm maior capacidade de crescer rápido em solo pobre em nutrientes como outros hiperacumuladores (SENTHILKUMAR *et al.*, 2005; KUMARI; KHAN, 2018). A algaroba é uma planta invasora e tem um grande potencial de absorção de água (GONÇALVES *et al.*, 2015; DUTRA, 2019), em virtude do seu sistema radicular ser de tipos distintos, sendo um deles responsável pela captação de água no subsolo.

As substâncias de *P. juliflora* são capazes de inibir a germinação e o crescimento de culturas tropicais (ASRAT; SEID, 2017). Atualmente, após a dispersão do gênero *Prosopis* por vários continentes, países aproveitam socioeconomicamente os seus recursos. No Sudão, Argélia, Índia e Paquistão ela é uma das principais fontes de energia para a população. Nesses locais, a algaroba dá suporte a produção melífera por meio das suas flores, e as suas vagens são aproveitadas como alimento humano (SANTOS, 2015).

4.2.2 Histórico e principais áreas de ocorrência da *P. juliflora* no mundo

O processo histórico de ocupação da algarobeira no mundo é marcado por episódios distintos e, por vezes, confusos em termos científicos, o que de fato corrobora e contribui para que mais estudos sobre a espécie invasora em ambientes secos sejam desenvolvidos em prol do contexto do passado originário da espécie em uma ou várias partes do planeta. Shackleton *et al.* (2015) relatam que esta planta, a partir de 1800, foi introduzida a novos ambientes em todo o mundo, como a costa da Ásia, Austrália, Havaí, Índia, Sudão e Malawi, devido a problemas de desmatamento, desertificação e escassez de lenha nessas áreas.

Tewari *et al.* (1998) e Kyuma (2016), em relação a distribuição da árvore em diversas partes do mundo, também argumentam que a espécie foi amplamente introduzida em todo o mundo nos últimos 200 anos por viajantes, exploradores, missionários, administradores e pesquisadores. Em virtude disso, pensa-se que o gênero *Prosopis L.* tenha se originado na África Tropical no final do mesozóico ou no início do período terciário (BURKART, 1976; MOHAMED; AZER, 2015). A dispersão do gênero *Prosopis* iniciou-se na porção Tropical da África e migrou para a América ainda quando estes continentes estavam unificados (BURKART, 1976; SANTOS, 2015).

Após a separação dos continentes, a partir da região do Chaco, na América do Sul, a espécie seguiu para o sul, até a Patagônia e para o oeste. Chegando ao deserto do Atacama, ela continuou avançando sobre regiões cada vez mais áridas, demonstrando um sistema adaptativo eficiente para ambientes secos e com solos pobres (ROIG, 1993; SANTOS, 2015). Do gênero *Prosopis* existem três espécies no Sudoeste da Ásia, uma na África e 41 nas Américas, que se espalham pelo continente desde o Sudoeste dos Estados Unidos até a Patagônia (BURKART, 1940; SANTOS, 2015).

A análise do padrão de distribuição das espécies sugere a possibilidade de que uma antiga flora desértica comum às Américas tenha se dividido, resultando em dois centros distintos: o Texano-Mexicano e o Argentino-Paraguaio-Chileno. Em ambos existem espécies endêmicas deste gênero, indicando a sua antiguidade e sugerindo que a dispersão a longa distância teve papel secundário ou, talvez, nenhum. Assim, o processo de especiação, depois de milhões de anos, lentamente originou as espécies e variedades agora conhecidas (BURKART, 1976; LIMA, 1994). As primeiras introduções de *P. juliflora* e outras espécies invasoras representantes sul-americanas do gênero *Prosopis* para a África Oriental ocorreu entre 1970 e 1980 (ECKERT *et al.*, 2020).

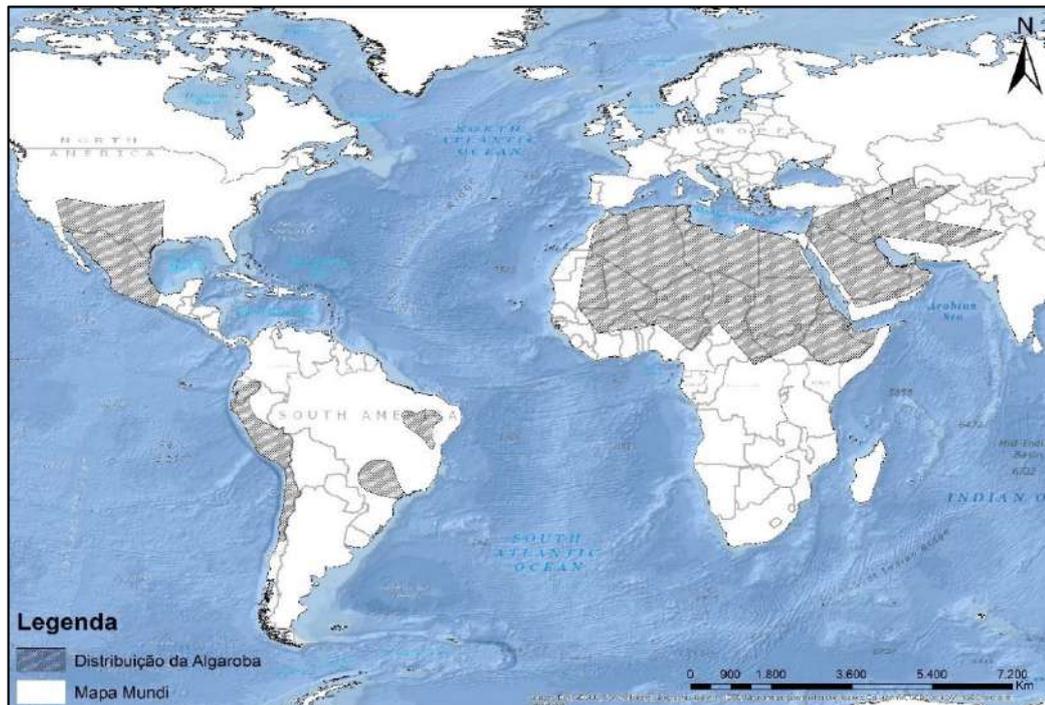
Os táxons do gênero *Prosopis* (mesquites; Fabaceae) são nativos da África, Ásia e América do Norte e do Sul, e foram amplamente introduzidos e se tornaram invasivos, principalmente em áreas subtropicais e semiáridas, e nos trópicos áridos do globo terrestre (LANDERAS *et al.*, 2006; AUNG; KOIKE, 2015). *Prosopis* foi introduzido em diferentes partes do mundo com o objetivo de fornecer benefícios às populações rurais, como a produção de lenha, carvão e material de construção, além de estabilizar o solo em ecossistemas degradados (SHACKLETON *et al.*, 2014; SHIFERAW, *et al.*, 2019).

As espécies de *Prosopis* foram introduzidas em várias áreas principalmente para combater a desertificação e melhorar a qualidade e quantidade da vegetação das regiões áridas (EI FADL; LUUKKZHEN, 2003; MOSWEU *et al.*, 2013; MOHAMED; AZER, 2015).

Mohamed e Azer (2015) por seu turno, ainda enfatizam que *P. juliflora* escapou dos locais de cultivo e distribuiu-se pelos habitats naturais nas áreas costeiras do Mar Vermelho e na parte norte do Sinai.

A Figura 1, apresenta as regiões continentais nas quais há predominância e distribuição natural do gênero *Prosopis*, dentre elas *P. juliflora* conforme literatura especializada sobre o tema em evidência.

Figura 1 – Distribuição natural de espécies do gênero *Prosopis* nos continentes



Fonte: Autor (2022).

É encontrada como uma erva daninha invasora na Etiópia, Quênia, Sudão, Eritreia, Iraque, Paquistão, Índia, Austrália, África do Sul, Caribe, Ilhas Atlânticas, Bolívia, Brasil, República Dominicana, El Salvador, Nicarágua, Estados Unidos e Uruguai (IQBAL; SHAFIQ, 1997; PASIECZNIK *et al.*, 2001; BOKREZION, 2008; HUSSAIN *et al.*, 2020). Os primeiros registros da introdução de *Prosopis* na África remontam aos anos de 1820, quando foram introduzidos no Senegal; 1890 na África do Sul; 1917 no Sudão e 1948 no Quênia (CHOGE; PASIECZNIK, 2005; KYUMA, 2016).

O gênero florístico *Prosopis* tornou-se invasora em muitos lugares e é cada vez mais conhecida ainda por seus impactos ecológicos e socioeconômicos negativos (SHACKLETON *et al.*, 2004; KELLER *et al.*, 2009; SHIFERAW *et al.*, 2004; SHIFERAW, *et al.*, 2019). Haji e Mohammed (2013) e Pretti *et al.* (2015) contam que na África e na Ásia, no entanto, ela continua subutilizada e é frequentemente considerada uma erva daninha invasiva e a chamam

de “árvore do diabo”. Entretanto, a algarobeira também promove impactos positivos para diversas populações.

4.2.3 Distribuição da algarobeira no Nordeste do Brasil

No Brasil, inicialmente, a dispersão natural do gênero *Prosopis* se concentrou no sudoeste do Rio Grande do Sul com as espécies *P. affinis* e *P. nigra*; no extremo sul do Mato Grosso do Sul, onde ocorre a *P. rubriflora* e em uma pequena área entre os Estados de Pernambuco e Piauí com a presença da *P. ruscifolia* Grisebach (SILVA, 1988; LIMA, 1998).

A Figura 2 apresenta as regiões e estados brasileiros nos quais há distribuição natural do gênero *Prosopis*, conforme bibliografia particularizada sobre a temática em comento.

Figura 2 – Distribuição natural de espécies do gênero *Prosopis* no Brasil.



Fonte: Autor (2022).

Em 1942, durante visita de estudo ao Nordeste, o professor J. B. Griffing, na época diretor da Escola de Agronomia de Viçosa, em Minas Gerais, alarmou-se com a situação pela qual passava o rebanho do semiárido durante o período de estiagem, quando as forrageiras herbáceas secavam totalmente, restando apenas fibras, e as arbóreas perdiam as folhas. Sustentado apenas pela palma (*Opuntia* sp.), o rebanho necessitava de uma forrageira em

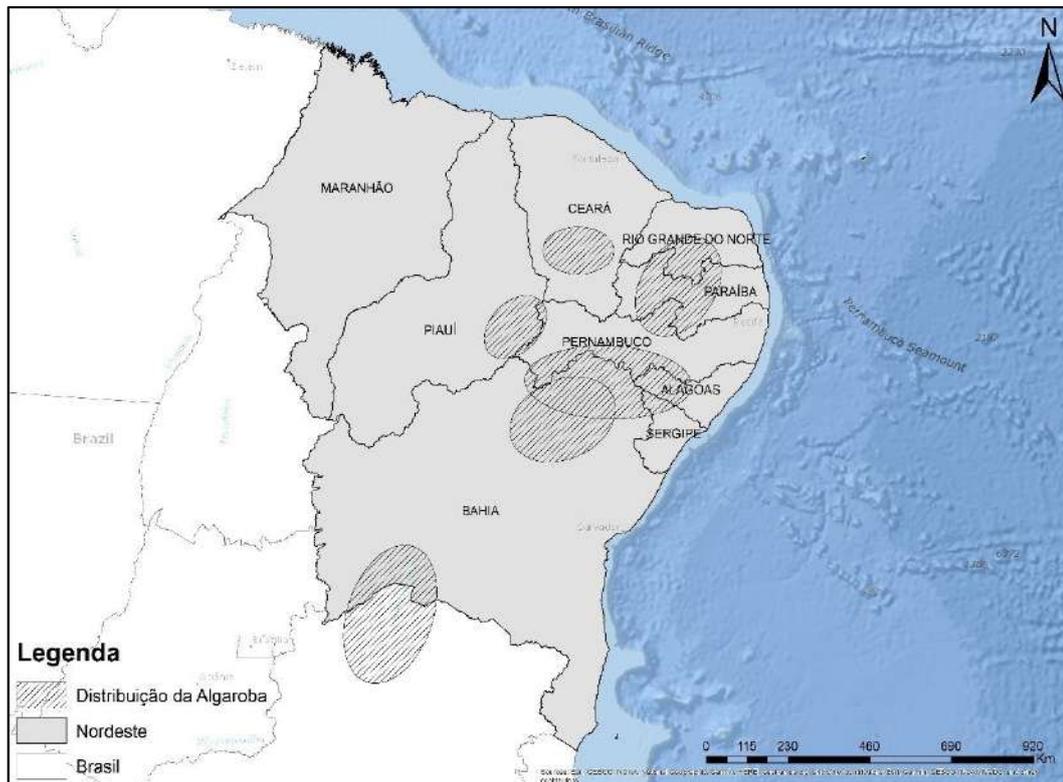
condições de fornecer mais energia e proteína aos rebanhos (AZEVEDO, 1982; FRANCO, 2008; FRANCO, 2015). Assim, Griffing enviou sementes de algaroba, provavelmente provenientes do Novo México, nos Estados Unidos, para o agrônomo Clodomiro Albuquerque do IPA – Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. As primeiras mudas tiveram os cuidados do agrônomo Lauro Bezerra, também do IPA, que ao experimentar a espécie na região de Serra Talhada, Pernambuco, descartou-a, alegando que não queria introduzir mais espinhos na região. Sendo assim, a primeira tentativa de introdução da espécie *Prosopis* parou em 1942 (AZEVEDO, 1982; FRANCO, 2015).

Entretanto, com incentivo do Ministério da Agricultura, houve a dispersão da algaroba para os Estados do Piauí, Ceará e Paraíba a partir de 1951 por meio do fornecimento de sementes e mudas para produtores, prefeituras e técnicos. Entre 1979 e 1984, instituições como a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e as Empresas de Assistência Técnica e Extensão Rural dos Estados (EMATER's), promoveram campanhas para incentivar os plantios de algarobas no Nordeste. Foram implantados cerca de 90 mil hectares de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., com maiores proporções de plantio nos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco (REIS, 1985; NASCIMENTO, 2008; SANTOS, 2015).

Estima-se que, atualmente, as áreas com algaroba no Nordeste se aproximam de um milhão de hectares (SILVA; FABRICANTE, 2019), sendo que não existem levantamentos que tenham mensurado a real dimensão de sua ocupação (OLIVEIRA, 2006; SANTOS, 2015). Duas introduções adicionais foram feitas em Angicos, Rio Grande do Norte: em 1947, com sementes do Peru e, em 1948, com sementes oriundas do Sudão (LIMA, 1994; LIMA, 1999; SANTOS, 2015). A partir daí sua expansão para os demais estados da federação ocorreu por meio da regeneração natural e plantios (LIMA, 1994).

A Figura 3 apresenta os estados da região Nordeste onde há distribuição natural do gênero *Prosopis*, conforme bibliografia particularizada sobre o tema como se segue.

Figura 3 – Distribuição natural de espécies do gênero *Prosopis* no Nordeste do Brasil



Fonte: Autor (2022).

A planta ocupa extensas áreas no Nordeste, principalmente em regiões de várzeas com solos aluviais profundos (FRANCO *et al.*, 2010). Esta espécie foi inserida por meio de plantios comerciais e pela falta de manejo adequado, começou a invadir e se estabelecer nas áreas ribeirinhas (matas ciliares) e na caatinga, representando grande risco na conservação da biodiversidade daquele bioma (VILAR, 2006).

Possui um elevado potencial florestal e forrageiro agrônomico, e alta adaptação à região semiárida, assim, foi estudada para ver a viabilidade da contribuição que ela poderia dar a economia - pecuária e agrícola, mantendo o seu ecossistema, além de trazer influências benéficas diretas e indiretas sobre o solo, o clima e a vida animal do Nordeste seco (FRANCO, 2008).

4.2.4 Usos de *P. juliflora* em terrenos áridos e semiáridos

A algarobeira é uma árvore de caule alongado e crescimento rápido, com casca grossa, espinhosa e com predominância de folhas verdes durante os períodos de estiagem e chuvosos, ou seja, ao longo de todo o ano. *Prosopis* são árvores de uso múltiplo e de muita importância nas regiões semiáridas (NASCIMENTO, 2008). De acordo com Almaraz-Abarca *et al.* (2007)

e Birhane *et al.* (2017) a algarobeira fornece abrigo e forragem para muitas espécies de animais. Na alimentação animal, os frutos e as folhas de *P. juliflora* podem ser utilizados como forragem para bovinos, ovinos, caprinos e muares (NASCIMENTO, 2008).

A espécie é considerada, nos ambientes secos, uma salvadora, devido às diversas possibilidades de utilização oriundas dos seus recursos, podendo ser usada tanto na suplementação de indivíduos humanos, quanto de animais; como recurso energético, fornecendo suporte para o abastecimento de lenhas e madeiras; e ainda no controle da salinidade e de processos erosivos, estes últimos bastante intensificados em biomas como o da caatinga, em virtude dos expressivos índices de desertificação.

As vagens das algarobeiras possuem aplicações diversas. Quando trituradas são usadas para fazer farinha que é base de muitos outros produtos como pães, bolos e biscoitos. Ainda podem ser cozidas de forma semelhante ao feijão. Quando quebradas em pedaços pequenos podem ser torradas e posteriormente moídas, dando origem a um pó que pode ser substituto, parcial ou total, ao café (FIGUEIREDO, 1975; ALVES; SANTOS; SILVA, 2019).

Sua madeira é dura, de fácil manuseio na carpintaria e na marcenaria e possui elevada resistência ao ataque de cupim e a podridão, podendo ser usada na fabricação de móveis, dormentes, ripas, mourões, estacas [...] (MENDES, 1989; NASCIMENTO, 2008); preparação de carvão para o sustento de habitantes de localidades onde se preponderam pastagens naturais (KUMAR *et al.*, 2021); bebidas fabricadas com as vagens das árvores do gênero são tradicionais em países sul-americanos, como no Peru, Argentina e Chile (SANTOS, 2015; CARVALHO, 2018); extrato anticancerígeno contra adenocarcinoma de mama, carcinoma hepatocelular e adenocarcinoma colorretal, e enriquecimento com constituintes anticancerígenos (ELBEHAIRI, *et al.*, 2020) foram testados e provados na Arábia Saudita; processo de produção de chocolates com sabor de algaroba na região de Piura, Peru (CASTILLO, 2018).

O povo Diaguita, habitantes encontrados pelos espanhóis no noroeste da Argentina e no norte do Chile, no período da colonização americana, produziam bebidas com os frutos. Outro povo tradicional da América, os Gaicurus, habitantes da região do Chaco, fabricavam um tipo de vinho com as vagens das árvores (SANTOS, 2015). Tais fatos levaram a repetição dessas invenções mais adiante pelos povos da atualidade ou modernos que foram moldando as técnicas para aplicabilidade cada vez mais frequente dos produtos oriundos da espécie florística *P. juliflora*.

No Brasil, seu uso tem ocorrido como farelo de vagem em dietas para equinos (STEIN *et al.*, 2005); produção de chapas de partículas homogêneas (NASCIMENTO; LAHR, 2007); produção e utilização de cinza como matéria-prima alternativa para uso em blocos de solo-cal

(MELO, 2018); produção e venda de lenha, carvão e estacas foram constatadas na ribeira do Riacho do Navio, Sertão do estado de Pernambuco (SANTOS *et al.*, 2020); dentre outros usos em diversos lugares, como a produção de etanol (SILVA, 2007); e de bebidas que tem ocorrido na Paraíba, onde se produz cachaça a partir das vagens (SILVA, 2009; SILVA *et al.*, 2014).

Além disso, há relatos pelos mais idosos, de que povos indígenas e camponeses moradores no semiárido do Nordeste brasileiro, durante prolongados períodos de seca como as que, por outrora, se sucederam entre os anos 1963-1964, e posteriormente, durante a estação de 1979-1985, também tenham utilizado em tamanhas proporções como complemento alimentício as vagens de algarobeiras na alimentação humana de famílias carentes juntamente com frutas comestíveis do bioma caatinga como a Mancambira (*Bromelia Laciniosa*) e outras plantas arbustivas e cactáceas típicas da região.

Os diversos usos da planta e sua habilidade para ocupar diversos tipos de solos e sobreviver ao clima semiárido, tem permitido aumento nas áreas ocupadas pela *P. juliflora*, que precisa ser investigado visando seu adequado manejo. Um mapeamento das áreas atualmente ocupadas por algarobas pode ser realizado utilizando técnicas e ferramentas de sensoriamento remoto.

4.3 SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto pode ser definido como a tecnologia que possibilita a aquisição de imagens e outros tipos de dados, oriundos da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida dos objetos terrestres (JENSEN, 2009; FLORENZANO, 2013; GARCIA *et al.*, 2019). O sensoriamento remoto orbital é a prática de obter informações sobre a superfície da Terra por meio de imagens adquiridas do espaço, utilizando radiação eletromagnética refletida ou emitida, em uma ou mais regiões do espectro eletromagnético (ZANOTTA; FERREIRA; ZORTEA, 2019).

Este termo pode ser definido de uma maneira ampla como sendo a detecção da natureza de um objeto sem que haja contato físico, em que aviões e satélites são as plataformas mais comuns. O termo sensoriamento remoto é restrito aos métodos que se utilizam da energia eletromagnética na detecção e medida das características de objetos, incluindo-se aqui as energias relativas à luz, calor e ondas de rádio (GARCIA, 1982).

Ainda, a tecnologia de sensoriamento remoto (SR) é definida como sendo a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento e de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos,

fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que compõem os alvos em suas diversas manifestações (NOVO, 2010; RAMOS, 2018).

A partir do conhecimento das características físicas dos objetos de uma dada região e seu comportamento espectral (interação da radiação solar com os objetos que compõe o mosaico da superfície terrestre como os rios, a vegetação, o tipo de solo e a rocha) é possível fazer o monitoramento das condições ambientais da área em questão e descobrir suas possíveis modificações (AMORIM *et al.*, 2007; RAMOS, 2018). Mesmo com algumas bandas espectrais, é possível separar os tipos funcionais de vegetação, isto é, pradarias, florestas, desertos, pântanos de sal, em extensões espaciais (HE; ZHANG; ZHANG, 2009).

4.3.1 Uso do sensoriamento remoto orbital na detecção de espécies invasoras

A detecção e o mapeamento precoces de espécies invasoras são essenciais para a formulação de estratégias de gerenciamento efetivas e a prevenção de invasão de terras (MBAABU *et al.*, 2019). O sensoriamento remoto desempenha um papel crucial no mapeamento e monitoramento de espécies invasoras. Sua capacidade de fornecer cobertura multiespectral e multitemporal de uma maneira muito econômica, tornou a escolha número um para mapear a mudança da cobertura vegetal em uma área geográfica mais ampla dentro de prazos razoáveis (STOMS; ESTES, 1993; AMBOKA; NGIGI, 2015).

Segundo Khare *et al.* (2019), nos últimos anos, o interesse em empregar tecnologia de sensoriamento remoto do tipo multiespectral, dados multitemporais de alta e muito alta resolução espacial para estudar invasões biológicas em comunidades de plantas, cresceu consideravelmente. A detecção remota de plantas exóticas invasoras é, muitas vezes, difícil, porque ocorre em áreas perturbadas, “pixels mistos” e sob copa (BRADLEY, 2014).

Mesmo que a precisão alcançada seja melhorada para discriminar o domínio dos invasores, parece ser adequada para fornecer uma visão geral da invasão de plantas como *P. juliflora* e permite o mapeamento do local onde está bem estabelecido (denso e puro) e onde está em seus estágios iniciais de colonização (esparsa ou misturada com vegetação natural) (MERONI *et al.*, 2017).

4.3.2 Uso do sensoriamento remoto na detecção de espécies *Prosopis* Sp.

Wudad e Abdulahi (2021) observaram no Estado da Somália, Etiópia, durante o período de 1989, uma redução de 56.527,22 ha, ou seja, de 56 km² nos matos, pastagens e terra nua, devido expansão demasiada de *P. juliflora*. Esses autores concluíram que a cobertura de *Prosopis* aumentou de 8.523,18 ha em 1989 para 350.000 ha em 2019.

O uso de imagens de satélite obtidas durante o período seco é mais recomendado, pois a *P. juliflora* consegue se destacar em meio à vegetação nativa de áreas áridas e semiáridas (REMBOLD *et al.*, 2015), entretanto, ainda constitui uma dificuldade quando os estudos são realizados em áreas irrigadas. Dentre os métodos empregados, a classificação dos pixels tem sido bastante aplicada (MOHAMED *et al.*, 2011; MIRIK; ANSLEY, 2012; AYANU *et al.*, 2015), assim como o uso de índices de vegetação, como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) (HOSHINO *et al.*, 2012).

Amboka e Ngigi (2015), usando imagens Landsat multitemporais também encontraram 2.029,5 ha de terras nuas e campos agrícolas, os quais foram perdidos para a classe de dosséis de *Prosopis*, em um dos círculos eleitorais do condado de Baringo, no Quênia, continente africano. Além da atual situação, técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e modelagem podem auxiliar no entendimento futuro das áreas ocupadas com *P. juliflora*. Heshmati *et al.* (2019) modelaram como as condições de clima futuro podem influenciar no avanço e recesso de áreas de *P. juliflora* no mundo, e verificaram a estabilidade nas áreas ocupadas com esta espécie no Nordeste do Brasil.

4.4 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

Os índices de vegetação realçam o comportamento espectral da vegetação e se correlacionam com o vigor da vegetação verde, porcentagem de cobertura do solo, atividade fotossintética e produtividade (EPIPHANIO *et al.*, 1996; LIMA *et al.*, 2013). O êxito dos índices de vegetação no monitoramento da cobertura vegetal ocorre devido as diferentes reflectâncias da clorofila em determinados comprimentos de onda nas regiões espectrais do visível e infravermelho próximo (BARBOSA, 2006; FONSECA, 2017).

A utilização de índices de vegetação como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Área Foliar (IAF) facilita a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, como a área foliar, biomassa e porcentagem de cobertura do solo, com destaque para a região do espectro eletromagnético do infravermelho, que pode

fornecer importantes informações sobre a evapotranspiração das plantas (JENSEN, 2009; SILVA, 2016).

De acordo com Ponzoni, Shimabukuro e Kuplich (2012), esses índices são relacionados a parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, além de minimizarem os efeitos de iluminação da cena, declividade da superfície e geometria de aquisição, que influenciam os valores de reflectância da vegetação. Os índices representam médias semianalíticas da atividade da vegetação e tem sido largamente utilizado para representar as variações da folhagem verde, as variações sazonais e espaciais (FORMAGGIO; SANCHES, 2017; RILLO; GOMES, 2020).

4.4.1 Índice de Vegetação da Diferença Normalizada - NDVI

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*) é utilizado para avaliação das mudanças do vigor vegetativo das plantas objetivando a correlação com outros parâmetros como o índice de área foliar, a biomassa ou a produtividade da vegetação (GALVANIN *et al.*, 2014). Trata-se de um índice bastante utilizado no âmbito da agricultura irrigada, aprovisionando importantíssimos informes ou dados acerca da qualidade salutar das culturas agrícolas.

De acordo com Giongo (2008) e Tavares *et al.* (2021), por meio das geotecnologias, pode-se mapear e monitorar a cobertura vegetal utilizando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que, quando avaliado de forma sazonal e em longo prazo, é um importante indicador de quantificação da vegetação e redução da biomassa, gerando índices que servem de base para a classificação da vegetação.

A aplicação do NDVI depende da utilização de sensores para captura de imagens com comprimentos de onda no infravermelho próximo (NIR) e vermelho (R). Isso exige sensores mais caros que podem elevar os custos de aquisição e dificultar o seu aproveitamento, sendo normalmente indicado para aplicação em áreas maiores (SAMPAIO *et al.*, 2020), como é o caso do PIMOX, em Ibimirim, campo escolhido para esta investigação.

4.4.2 Índice de Área Foliar - IAF

O Índice de Área Foliar (IAF) é um índice biofísico definido pela razão entre a área foliar de uma vegetação por unidade de área utilizada por esta vegetação, sendo um indicador da biomassa de cada pixel da imagem (DAMASCENO, 2020). O uso deste tipo de índice de vegetação facilita a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, como a área

foliar, a biomassa e a porcentagem de cobertura do solo, com destaque para a região do espectro eletromagnético do infravermelho, que pode fornecer importantes informações sobre a evapotranspiração das plantas (JENSEN, 2009; FONSECA, 2017).

Por esta definição o IAF é uma medida adimensional (também expressa em $m^2 \cdot m^{-2}$). Tem influência sobre vários processos superficiais, tais como fotossíntese, transpiração e balanço de radiação da superfície, por isso é um dos mais importantes parâmetros de entrada de modelos ecológicos (BREDA, 2003; ISHIHARA; HIURA, 2011; YAN *et al.*, 2012; CARVALHO *et al.*; 2017).

Trata-se de um parâmetro biofísico comumente utilizado em monitoramento de cultura e estudos ambientais, indica a proporção da área verde por unidade de área no solo. Representa a razão entre a área foliar fotossinteticamente ativa verde da vegetação por área do solo, sendo a folha, o principal órgão responsável pela fotossíntese e produção de biomassa (FAUSTO, 2018).

4.5 BALANÇO DE ENERGIA

Uma das formas de avaliar as respostas dos ecossistemas às condições ambientais é por meio do balanço de energia, representado pelas suas partições nos fluxos de calor latente, de calor sensível e de calor no solo (CHEN *et al.*, 2009; KRISHNAN *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2015).

O balanço de energia consiste de etapas importantes, que podem ser avaliadas de forma isolada ou agrupada com os demais componentes, visto que uma variável obtida pode ser de grande valia para um estudo ambiental, como é o caso da obtenção dos índices de vegetação ou da temperatura da superfície (GOMES *et al.*, 2013).

Esse balanço vai determinar, por exemplo, a quantidade de calor retida na atmosfera (temperatura do ar), a pressão atmosférica, a dinâmica das massas de ar, as precipitações, a evapotranspiração, entre outros elementos climatológicos (MARTINS; ROSA, 2020), bem como serve para aferir as mudanças comportamentais da invasão de dosséis de *P. juliflora* em ambientes irrigáveis e secos. Neste estudo foram verificadas apenas as partições do saldo de radiação (R_n) e evapotranspiração (ET).

4.5.1 Saldo de radiação

O conhecimento sobre o saldo de radiação é essencialmente importante para monitoramentos climático, questões agrometeorológicas e previsões de tempo (CAVALCANTE *et al.*, 2016). O balanço ou saldo de radiação (R_n) representa a quantidade de energia disponível na superfície terrestre, ou seja, expressa a soma entre os fluxos radiativos de ondas curtas e longas na superfície (PAVÃO *et al.*, 2016; LOPES JUNIOR *et al.*, 2021).

Estimar o R_n e seus componentes (radiação de ondas curtas e longas incidente, refletida e/ou emitida) tem implicação na hidrologia, no monitoramento climático, na previsão de tempo, na meteorologia agrícola, na energia renovável, entre outros (BISHT *et al.*, 2005; SANTOS *et al.*, 2014), devido ao fato de que a estimativa do saldo de radiação por meio de imagens de satélite vem sendo utilizada em diversos estudos nos últimos anos (MARTINS; ROSA, 2020).

O saldo de radiação é composto pelo balanço de onda curta e balanço de onda longa. O balanço de onda curta é função direta da radiação solar global e do albedo da superfície. O albedo, por sua vez, depende de características da atmosfera, da cobertura vegetal, do tipo de solo e, principalmente, do ângulo zenital (SILVA *et al.*, 2008; RAMOS, 2018).

4.5.2 Evapotranspiração

O processo de evapotranspiração possui variabilidade no espaço e no tempo. No espaço, devido à volubilidade das precipitações, das características hidráulicas dos solos, dos tipos e densidade da vegetação, e sua variabilidade no tempo, são devido à sazonalidade do clima (ALLEN *et al.*, 2002; MELO *et al.*, 2021).

O sensoriamento remoto permite a estimativa da evapotranspiração em grandes áreas, como função das características biofísicas encontradas em cada pixel, com a vantagem do emprego de imagens de satélites na estimativa da evapotranspiração, em escala regional, sem a necessidade de se quantificarem outros parâmetros hidrológicos, como a umidade do solo (LIMA *et al.*, 2014; BRITO *et al.*, 2018).

Martins (2000), estudando *P. juliflora* no Semiárido brasileiro, estado do Rio Grande do Norte – RN, relata que o balanço de energia é comumente utilizado para estimar a evapotranspiração (ET) de superfícies vegetadas. Esse método é baseado nos ganhos e perdas de energia térmica radiativa, condutiva e convectiva por uma superfície vegetada evaporante. A evapotranspiração (ET) é um dado de entrada para modelos hidrológicos, biofísicos e

climáticos, sendo um parâmetro fundamental do comportamento do ciclo da água, na medida em que representa a “perda” de água do solo para a atmosfera (PROFETA; FARIA; IMBUZEIRO, 2018).

4.6 PERCEPÇÃO AMBIENTAL SOBRE *Prosopis juliflora*

A percepção é a porta de entrada para toda a informação que uma pessoa pode receber e processar (SIMÕES; TIEDEMAN, 1985; AUDINO, 2017). As percepções podem ser influenciadas por um número de fatores socioecológicos; portanto, o termo "percepções" fornece um guarda-chuva interdisciplinar para outras construções mais específicas que podem ser mais solidamente incorporadas em disciplinas específicas, como psicologia social ou sociologia (BENNETT, 2016; SHACKLETON *et al.*, 2018). A percepção é condicionada por filtros que possuem caráter sensorial, fisiológico ou cultural (OKAMOTO, 2002; AUDINO, 2017).

A percepção ambiental (PA) é entendida como apreciação, discernimento e sensibilização do indivíduo em analogia aos recursos naturais, bens tangíveis imprescindíveis a supervivência dos habitantes da terra, por meio de todos os elementos que o compõem como água, ar, solo, fauna e flora. A percepção ambiental sobre determinado objeto da natureza está vinculada também aos aspectos sociais, culturais e emocionais do ser humano sobre o meio ambiente, independentemente do local ou classe social que o indivíduo esteja inserido.

Segundo Meijer *et al.* (2015) e Shiferaw *et al.* (2019), percepções dos fatores ambientais, econômicos e sociais impulsionam a mudança ambiental pela qual os indivíduos desempenham um papel importante na tomada de decisão. O estudo da percepção ambiental vem sendo muito enfatizado nos últimos anos e a sua importância vem sendo cada vez mais reconhecida como um excelente método de análise da relação homem x meio ambiente (SILVA, 2019).

Tratando-se da percepção ambiental sobre a planta invasora *P. juliflora*, a utilização dessa técnica permite captar o que aconteceu e acontece nas interações do sujeito com o meio em que habitam via percepção (GAMA; AMADOR, 2011). É uma estratégia de gestão ambiental que pode ser utilizada para a obtenção de diversos resultados, sendo estes de cunho positivo e negativo, podendo ser cuidadosamente adotada em estudos que envolvam a temática espécies exóticas invasoras, como a *P. juliflora*, seja de modo presencial, remota, sensorial, racional, social ou comunitária, dentre outras, mencionadas na literatura.

4.7 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Indicadores de sustentabilidade têm sido utilizados como importantes ferramentas na mensuração dos níveis de desenvolvimento de diversas atividades humanas (NETTO, 2021). São empregados para a avaliação dos efeitos das atividades humanas no meio ambiente. Porém, não tem somente essa função, pois a partir da base de dados encontrados, inicia-se a fase de planejamento das ações e políticas públicas, visando sanar ou melhorar a qualidade dos pontos negativos encontrados nos sistemas/agroecossistemas (GODOY; GODOY; VARGAS, 2021).

Cerezini *et al.* (2017), apontam que esses indicadores são ferramentas essenciais para a avaliação da sustentabilidade, possibilitando a tomada de decisão comprometida e bem-informada na gestão sustentável. Constituem-se em instrumentos relevantes para auxiliar no processo de tomada de decisão e na busca pela mudança de mentalidade da sociedade (FARIAS *et al.*, 2020). Estes atuam como uma ponte ou elo entre as atividades humanas desenvolvidas, na maioria das vezes, sem o devido comprometimento e cuidados com os serviços ecossistêmicos e as políticas públicas focadas na minimização ou mitigação dos problemas destes oriundos.

Indicadores de sustentabilidade, como o modelo DPSIR (Forças motoras, Pressões, Estado, Impacto e Respostas), e análise de *Stakeholders*, são eficientes quando empregados em investigações envolvendo a gestão hábil de espécies invasoras como a *P. juliflora* cuja ocorrência dá-se em espaços agroecossistêmicos ou de agricultura irrigada como os pertencentes ao PIMOX, em Ibimirim – PE.

De acordo com a estrutura do modelo DPSIR, os vários aspectos dos desenvolvimentos sociais e econômicos são as forças motrizes que exercem pressão no meio ambiente (positiva ou negativa). Essas conduzem às mudanças no seu estado, que, por sua vez, conduzem aos impactos na saúde humana, nos ecossistemas e nos recursos naturais, resultando em resposta da sociedade direcionada para forças motrizes, pressões e/ou estado, ou até diretamente no impacto (NIEMEIJER; GROOT, 2008; CUNHA *et al.*, 2018). Já a análise de *stakeholders* funciona como meio operacional para identificá-los e utilizar essa informação de forma estratégica (XAVIER; VIEIRA; COSTA, 2011).

4.8 O PERÍMETRO IRRIGADO DO MOXOTÓ

O Perímetro Irrigado do Moxotó – PIMOX alcança até 4.500 m de largura, ocupando uma área total de 12.395,96 ha, subdivididos em 565 lotes agrícolas (MELO, 2010;

GUIMARÃES, 2015; SANTOS, 2018). Essa área se estende por cerca de 40 km em ambos os lados do rio Moxotó (MELO, 2010), que é barrado pelo reservatório Poço da Cruz, compreendendo terrenos de expressiva qualidade pertencentes às circunscrições dos municípios de Ibimirim e Inajá – PE, respectivamente.

Ao final da década de 1960, o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) elaborou um estudo sobre o potencial irrigável das terras no Nordeste, onde foi identificado o Perímetro Irrigado do Moxotó. Na época, as águas do açude Poço da Cruz seriam totalmente utilizadas para aproveitar os solos aluviais da região por meio da irrigação, utilizando a gravidade para a distribuição das águas, não havendo preocupação com a eficiência de sua distribuição. O projeto foi implantado no início da década de 1960 e ao final da década de 1980 teve a operação em seu potencial máximo, chegando a 4.000 ha de áreas irrigadas por pequenos agricultores. A área total irrigada nos primeiros anos da década de 1990 superou 5.200 hectares (COSTA, 2019).

Recentemente, nos anos de 2019, 2020 e 2021, os agricultores do PIMOX executam suas atividades agrícolas utilizando águas provenientes de poços artesianos por conta própria, sem acompanhamento técnico do DNOCS. O açude Poço da Cruz encontra-se com vazão satisfatória. Os irrigantes do PIMOX esperam uma atitude por parte do poder público no que tange a liberação das águas para darem início às atividades de agricultura irrigada e, sobretudo, suporte em relação à execução de tais agilidades no âmbito da produção agrícola para o desenvolvimento socioeconômico do município de Ibimirim e região (SANTOS *et al.*, 2021).

4.8.1 Demografia e divisão política – administrativa

Anteriormente, o município de Ibimirim era denominado Mirim. Com a Lei Estadual nº 4.956, de 20 de dezembro de 1963, foi desmembrado do município vizinho, Inajá, sendo elevado à condição de Ibimirim como município autônomo (CPRM, 2005; PMI, 2007; SALIN, 2010; ARAÚJO *et al.*, 2012; SANTOS, 2018; SANTOS; MARCHETTI, 2021). Administrativamente é constituído pelo Distrito de Moxotó e pelos povoados Jeritacó, Campos, Poço da Cruz, Poço do Boi, Lagoa da Areia, Puiu, Agrovila I, III, IV, V e VIII e comunidades indígenas Kambiwá e Kapinawa (IADH-GESPAR, 2011; GUIMARÃES, 2015; SANTOS, 2018).

No ano de 2010, Ibimirim possuía uma população de 26.954 pessoas, com população estimada de 29.235 habitantes para o ano de 2019. Com um território de 1.906,437 km² distribuídos em distritos, povoados, comunidades, bairros, bem como sítios, assim como em

agrovilas pertencentes ao PIMOX. Em relação ao território e ambiente, apresenta 33,6% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 79% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 3,1% de habitações urbanas em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio) (IBGE, 2019).

4.8.2 Aspectos socioeconômicos

A pecuária e a produção agrícola são os pilares econômicos da área de estudo. O município de Ibimirim, onde se encontra o Perímetro Irrigado do Moxotó - PIMOX *Lócus* desta pesquisa, é composto por sistemas agropastoris alçados sob a administração do DNOCS. No setor da agricultura são desenvolvidos cultivos irrigados temporários e permanentes como o milho e a banana, complementando-se de um pequeno percentual da produção de goiaba, tomate, melancia e outros produtos, ambos de base familiar ou de subsistência. Maiores informes acerca das atividades rurais produtivas no município encontram-se expostas no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais atividades rurais produtivas no município de Ibimirim

Sistemas de Produção	Descrição da atividade
Sistemas agrícolas irrigados	Predominância de agricultura irrigada associada ou não a outras atividades rurais ou à atividade pastoril.
Sistemas tradicionais e extrativismo florestal	Predominância de agricultura tradicional de sequeiro, regulada pelo regime de chuvas; predominância de sistemas de consórcio diversificados ou quintais agroflorestais, baseado em técnicas tradicionais reguladas pelo regime de chuvas; predominância do extrativismo de recursos da Caatinga, como madeira para lenha ou carvão e frutos, pelo manejo florestal ou extrativismo predatório; associadas ou não entre si ou à atividade pastoril extensiva.
Apicultura	Predominância de apicultura, associada ou não a outras atividades rurais.
Pesca artesanal	Predominância da atividade pesqueira artesanal, associada ou não a outras atividades rurais.

Fonte: Aguiar (2019).

Marinato (2004) e Guimarães (2015) descrevem que o suprimento da área de irrigação do PIMOX é feito por meio do Açude Engenheiro Francisco Sabóia, construído em 1957. A construção da barragem de Poço da Cruz teve início no começo da década de 1930, apesar da crise pela qual passava o mundo com a quebra da bolsa de Nova York em 1929 (ALBUQUERQUE, 2016). Porém, terrenos secos aos arredores do PIMOX ainda foram e estão sendo aos poucos aproveitados para fins de investimentos de produtores do agronegócio com foco no cultivo de frutíferas como a manga, com produção em larga escala em bens de família (fazendas), permitindo desenvolvimento do setor no município.

Finalmente as obras foram concluídas em 1957. A inauguração do açude Poço da Cruz aconteceu em 22 de outubro de 1959 (ALBUQUERQUE, 2016). O açude em sua extensão possui capacidade de armazenamento de 504.000.000 m³ (DNOCS, [s.d]), sendo um dos reservatórios construídos por meio da implementação de programas sociais estatais, que viabilizaram estratégias para a melhoria da qualidade de vida do homem sertanejo por meio da irrigação. É considerado atualmente o maior açude em termos de espelho d'água do estado (SANTOS *et al.*, 2021).

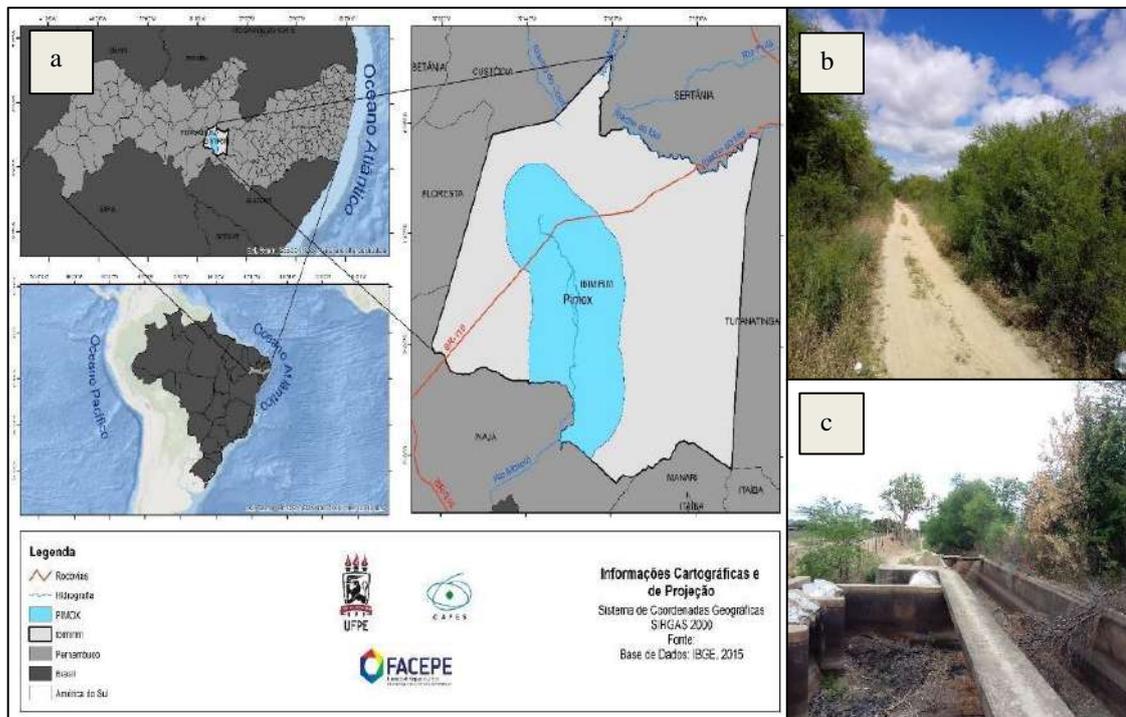
Esporadicamente ocorrem problemas nos canais basilares de irrigação do PIMOX em virtude da invasão e da deterioração por indivíduos de *P. juliflora* e carência de obras e manutenção de infraestrutura, por parte dos órgãos responsáveis. A *P. juliflora* também causa impactos positivos para as populações e irrigantes do PIMOX, e o melhor entendimento das relações desta espécie com as pessoas e com o ambiente pode facilitar a proposição de estratégias de convivência e manejo.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCAL DE ESTUDO

O estudo foi conduzido no Perímetro Irrigado do Moxotó - PIMOX, situado à jusante do Açude Público Federal Engenheiro Francisco Sabóia, mais habitualmente conhecido como Poço da Cruz, no município de Ibimirim (Figura 4), a 334 km da capital Recife. Geograficamente, situa-se em torno da latitude de 8°32'26'' Sul, longitude de 37°41'25'' Oeste, com altitude média de 401 m acima do nível médio do mar, na região semiárida do Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil.

Figura 4 – Localização geográfica do Perímetro Irrigado do Moxotó – PIMOX, Ibimirim



Fonte: Autor (2022).

5.1.1 Clima

O município de Ibimirim apresenta clima bastante ensolarado durante maior parte do ano, o que permite e facilita a colonização demasiada de plantas exóticas invasoras como a *P. juliflora*, habituada a ambientes quentes e secos, como aqueles presentes nos terrenos pertencentes ao PIMOX, costumeiramente ou subutilizados pelas atividades de irrigação.

De acordo com Silva (2006), essa região apresenta clima do tipo semiárido quente, ou BSwh', segundo Köppen, com temperatura média anual de 25°C. Os meses mais quentes, com registros máximos de temperatura entre 35°C e 40°C, são novembro e dezembro, enquanto as mínimas (aproximadamente 23 °C) ocorrem em julho e agosto. A precipitação pluviométrica apresenta média anual de 513,1 mm (TEMÓTEO, 2000; SILVA, 2006).

No zoneamento árido, segundo classificação de Martonne, a região se enquadra no índice de aridez entre 15 e 20, indicando condições de extremo rigor climático (COSTA FILHO; DUARTE, 2008; GARCIA, 2018). As temperaturas máximas, registradas nos meses de outubro a janeiro, resultam em elevadas taxas de evapotranspiração potencial, que associadas ao período de menores índices pluviométricos, promovem elevada deficiência hídrica (BARROS *et al.*, 1994; SILVA, 2006).

No presente trabalho foram utilizados dados meteorológicos diários, obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (<https://portal.inmet.gov.br/>), correspondentes a estação meteorológica de Arcoverde – PE (OMM: 828909), do período datado de 23/01/1985 a 31/12/2019.

5.1.2 Vegetação

Este aspecto natural caracteriza-se por apresentar uma variedade de espécies endêmicas com território ocupado por uma vegetação xerófila, ou seja, plantas com grande presença de espinhos e poucas folhas, o que contribui significativamente para que estas sobrevivam a ambientes secos. Segundo Neilson (2011) e Garcia (2018), na região semiárida, a vegetação do bioma Caatinga designa o conjunto de espécies vegetais de porte arbóreo, com altura do dossel maior que 10 m, e arbustivo com árvores esparsas, apresentando porte médio de 2,5 metros de altura.

A vegetação predominante na bacia do rio Moxotó é a Floresta Estacional Caducifólia (Caatinga) (GARCIA *et al.*, 2019) com xerofitismo acentuado (TAVARES FILHO, 2010). Nas áreas da Depressão Sertaneja predomina a caatinga hiperxerófila (SÁ; RICHÉ; FOTIUS, 2004; GARCIA, 2018). No âmbito da Bacia Sedimentar do Jatobá, onde se localiza o município de Ibimirim, a vegetação predominante é do tipo esparsa, densa, arbórea, com predominância de espécies florestais arbóreas e arbustivas endêmicas da caatinga hipoxerófila, na sua porção inserida no Agreste do Estado. Encontra-se ainda, uma Floresta Estacional Subcaducifólia Tropical, no brejo de altitude, como na Serra Negra (Inajá) e em Tacaratu (GARCIA, 2018).

5.1.3 Hidrografia

A hidrografia do município é formada pela bacia do rio Moxotó, que se encontra localizada no semiárido nordestino, em sua maior parte no Estado de Pernambuco, estendendo-se na sua porção sudeste para o estado de Alagoas até o Rio São Francisco. A bacia se localiza entre 07° 52' 21" e 09° 19' 03" de latitude sul, e entre 36° 57' 49" e 38° 14' 41" de longitude oeste. A bacia possui uma área total de 9.744,01 km². A maior parte do seu perímetro situa-se no Sertão do Moxotó, que abrange áreas de 12 municípios (COSTA, 2019).

Dentre estes municípios, Inajá e Sertânia estão totalmente inseridos na bacia e os municípios de Arcoverde, Custódia, Ibimirim, Manari e Tacaratu possuem suas sedes localizadas dentro da área da bacia (PERNAMBUCO, 1998; COSTA, 2019). Além disso, o município encontra-se centrado sobre a Bacia Sedimentar do Jatobá, um aquífero subterrâneo cristalino responsável pelo suprimento hídrico da região. Terras localizadas sob a bacia do rio Moxotó possuem águas subterrâneas rasas e doces em percentual expressivo.

5.1.4 Geologia e solos

A geologia no ambiente semiárido é bastante variável, porém com predomínio de rochas cristalinas, seguidas de áreas sedimentares. Em menor proporção, encontram-se áreas de cristalino com cobertura pouco espessa de sedimentos arenosos ou arenoargilosos. E os solos dominantes são do tipo Latossolos argilosos e muito argilosos que possuem melhor aptidão agrícola que os de textura média, como por exemplo, os Argissolos e Luvisolos (SÁ; SILVA, 2010).

5.2 DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

A primeira etapa consistiu na realização de um recorte da área pertencente ao município de Ibimirim no qual foi delimitado o PIMOX, a partir de vetorização de uma *shape* proveniente de mapas e plantas de posição e direção das vias terrestres (malhas viárias), que foram adquiridos junto à sede do DNOCS localizada em Ibimirim, pela qual foi possível visualizar com clareza que este se acha a jusante da área da coluna d'água do Açude Poço da Cruz.

Todos os outros dados vetoriais foram adquiridos do IBGE. Para esta etapa utilizou-se o *software* ArcGIS 10.5. A partir da reprojeção e após obtenção dos dados *raster* com a

composição de cores RGB real foi produzido um mapa de localização da área de estudo (Figura 5).

Figura 5 - Fluxograma da etapa de obtenção de dados de sensoriamento remoto



Fonte: O Autor (2022).

5.2.1 Dados de satélite e pré-processamento

Foram utilizadas dez imagens provenientes de sensores de diferentes satélites da série LANDSAT (5TM, 7ETM+, 8OLI/TIRS) selecionadas sem a presença de nuvens, recobrando o perímetro irrigado do PIMOX. Foram obtidos produtos como o balanço de energia, IAF, NDVI, e outros, diretamente do website gratuito EEFLux (*Earth Engine Evapotranspiration Flux*), disponível em <http://eeflux-level1.appspot.com/>.

Segundo Foolad *et al.* (2018) o *software* EEFLux disponibiliza produtos de reflectância com falsa cor, NDVI, Albedo, Temperatura da Superfície e imagens com a estimativa da evapotranspiração (ET) (por meio do METRIC) para qualquer cena do Landsat 5, 7 ou 8. Desse modo, foram considerados para este estudo apenas produtos de NDVI e IAF em razão do que é necessário para a obtenção dos objetivos definidos para esse estudo.

A escolha do aplicativo EEFLux deu-se em virtude de que este aplicativo usa dados de imagens provenientes do LANDSAT, na plataforma Google Earth Engine para calcular a evapotranspiração diária na escala de campo local (30 m) (FOOLAD *et al.*, 2018). De acordo com Costa (2019) este aplicativo foi criado com base no algoritmo METRIC e funciona como um meio de automatizar a entrada e manipulação de dados. Além do EEFLux, foram baixados conjuntos de dados diretamente do site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), site <https://www.usgs.gov/>, para fins de complementação do banco de dados.

Preferiu-se imagens com um menor percentual de nuvens ou sem nuvens (0% a 10%) em razão dos dosséis de *P. juliflora* apresentarem verdura significativa durante os períodos chuvosos e secos. Nenhuma correção atmosférica foi aplicada considerando que todas as

imagens foram adquiridas no período mais seco do ano, em condições de céu geralmente limpo (REMBOLD *et al.*, 2015). Portanto, não houve imagens do período chuvoso sem nuvens.

O intervalo de análise foi de 30 anos, levando em consideração imagens datadas com passagens dos anos apresentados no quadro 2, pertencentes a estação seca na órbita 216, ponto 65, com resolução espacial de 30 metros. Foram utilizadas cenas de três diferentes sensores para realizar a análise/averiguação dos índices espectrais, os sensores TM (*Thematic Mapper*) a bordo do satélite Landsat-5 que tem sete bandas, das quais somente a banda 6 possui resolução espacial para 120 m e as demais para 30 m. Além disso, foi usado o sensor *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+) do Landsat 8 que possui a bordo dois sensores, o *Operational Terra Imager* (OLI) e *Thermal Infra Red Sensor* (TIRS). Os dados referentes às imagens adquiridas podem ser observados no Quadro 2.

Quadro 2 – Características das imagens Landsat obtidas do EEFLux MATRIC utilizadas neste estudo

Data de passagem	Satélite	Sensores	Resolução espacial
1987/11/17	Landsat 5	MSS/TM	30 m
1988/10/25	Landsat 5	MSS/TM	30 m
1991/12/14	Landsat 5	MSS/TM	30 m
1994/12/06	Landsat 5	MSS/TM	30 m
1998/10/14	Landsat 5	MSS/TM	30 m
2004/12/17	Landsat 7	ETM+	30 m
2006/12/07	Landsat 7	ETM+	30 m
2009/10/07	Landsat 5	MSS/TM	30 m
2014/11/28	Landsat 8	OLI/TIRS	30 m
2019/10/18	Landsat 8	OLI/TIRS	30 m

Fonte: Autor (2022)

5.2.2 Índices de vegetação – NDVI e IAF

Os mapas do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foram baixados do site do EEFLux, e computados com base na razão entre a diferença das reflexividades das bandas do infravermelho próximo (banda 4 - 0,64 µm a 0,67 µm) e do vermelho (banda 5 - 0,85 µm a 0,88 µm), e pela soma delas:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

em que: NDVI é o índice de Vegetação por Diferença Normalizada; NIR é a banda espectral do Infravermelho Próximo; R é a banda espectral do Vermelho.

Para o NDVI, que o resultado tem uma variância que existe entre os valores de -1 e +1, a resposta espectral com resultado abaixo de 0 representa exclusivamente os corpos hídricos, pelo alto nível de absorvância que a água possui em relação ao espectro eletromagnético. Regiões de solo exposto apresentam valores de resposta espectral que variam entre 0,1 e 0,2. No que diz respeito aos valores de 0,2 e 0,4 existe a representação de uma quantidade diminuta de vegetação. Os valores do intervalo que está entre 0,4 e 0,6 representa uma vegetação mais arbustiva e acima de 0,6 é a resposta que corresponde a uma vegetação mais densa.

Foram consideradas áreas de *P. juliflora* aquelas identificadas por meio do NDVI como as áreas de maior densidade de vegetação, encontradas por meio da aplicabilidade dos métodos utilizados por Suliman *et al.* (2015) e Amboka e Ngigi (2015), sequencialmente. Todas as definições a respeito das classes definidas e das classificações por intermédio dos valores à resposta espectral foram definidas por meio dos números abordados nos estudos de Suliman *et al.* (2015); Meroni *et al.* (2017); Batista (2018) e Shiferaw *et al.* (2019), efetuadas em Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Árvores de *P. juliflora* em meio a vegetação de caatinga pode se exibir sob diversas formas. Uma vez ou outra, por exemplo, pode aparecer de maneira natural em áreas agrícolas invadidas, porém, na maioria das situações, invade de modo habitualmente significativo o habitat de outras plantas endêmicas. Sendo assim, tais aspectos proporcionam a alteração nas imagens de satélite de áreas invadidas pela *Prosopis* de um arbusto a uma árvore na fase de maturação.

Dessa maneira, para distinção de *P. juliflora*, algaroba, dos estratos vegetativos da caatinga, foi feito um fatiamento/repartição para delimitação das classes analisadas, que variaram em relação ao solo de água à solo seco, e de algaroba esparsa à algaroba densa, ou seja, foi considerado para esses últimos dosséis de cobertura vegetal com baixa a muito alta atividade fotossintética das árvores pertencentes a essa espécie, conforme proposto por Almeida *et al.* (2014) e Santos (2018).

Foi realizado o cálculo da radiância e reflectância nas imagens selecionadas por meio da conversão dos números digitais de cada pixel em grandezas de radiância espectral no topo da atmosfera como demonstrado por Santos *et al.* (2016), seguindo a equação 2:

$$L_{\lambda} = M_L \times Q_{cal} + A_L \quad (2)$$

em que: L_{λ} é a radiância espectral no topo da atmosfera; M_L , o fator multiplicativo reescalado para a banda específica; Q_{cal} , o número digital do pixel; A_L , o fator aditivo reescalado para a banda específica.

Os parâmetros das imagens para cada dia analisado foram obtidos nos metadados de cada imagem (BATISTA, 2018). Para correção da reflectância planetária no topo da atmosfera, as imagens foram submetidas ao processamento conforme Equação 3:

$$\rho_{\lambda}' = M_{\rho} \times L_{\lambda} + A_{\rho} \quad (3)$$

em que: ρ_{λ}' corresponde a reflectância planetária no topo da atmosfera sem correção do ângulo solar; M_{ρ} , o fator multiplicativo reescalado da reflectância para a banda específica; L_{λ} , a radiância espectral; A_{ρ} , o fator aditivo reescalado da reflectância para a banda específica.

Para a correção da reflectância planetária no topo da atmosfera foi realizada a correção de acordo com a inclinação solar, utilizando a Equação 4 (USGS, 2016):

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\text{sen}\theta_{SE}} \quad (4)$$

em que: ρ_{λ}' indica a reflectância planetária no topo da atmosfera sem correção do ângulo solar; ρ_{λ} é a reflectância planetária no topo da atmosfera corrigida de acordo com a inclinação solar; $\text{sen}\theta_{SE}$ é o ângulo de inclinação do sol do centro da cena em graus.

No presente estudo, o IAF foi computado com base no Índice de Vegetação ajustado ao Solo (SAVI), segundo a Equação 5 e Equação 6, proposta por Huete (1988):

$$IAF = \frac{\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{0,91} \quad (5)$$

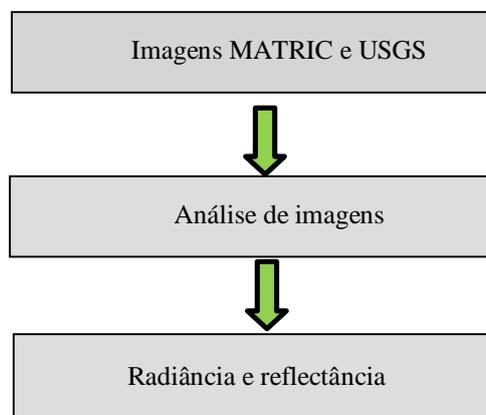
em que: \ln é logaritmo natural; SAVI indica o índice de vegetação ajustado ao solo.

$$SAVI = \left\{ \frac{NIR - R}{NIR + R + L} \right\} \quad (6)$$

Esses cálculos foram realizados no *software* Erdas Imagine 5.0, por meio de técnicas de sensoriamento remoto na calculadora, e posteriormente, os mapas foram classificados e elaborados em ambiente SIG, no *ArcGIS* 10.7.

Sendo assim, as fases adotadas para obtenção dos índices de vegetação NDVI e do IAF, respectivamente, encontra-se ilustrado no fluxograma da seguinte forma (Figura 6):

Figura 6 - Fluxograma das técnicas para obtenção do NDVI e IAF do PIMOX, Pernambuco.



Fonte: Autor (2022)

5.2.3 Saldo de radiação (Rn) e evapotranspiração (ET)

Na determinação do saldo de radiação (Rn) e da evapotranspiração (ET) foram utilizadas imagens de reflectância do sensor MODIS – *Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer*, nas quais foram aplicadas as diversas etapas propostas por Oliveira (2012) para uso do algoritmo SEBAL – *Surface Energy Balance Algorithm for Land*.

A evapotranspiração foi obtida por meio de imagens de reflectância da superfície pertencente ao satélite Terra, que tem resolução temporal diária. Porém, para o presente estudo foi utilizado o produto do sensor MODIS compilado para oito dias. O sensor MODIS do satélite TERRA 09A1 possui resolução espacial de 500 m e fornece uma estimativa da reflectância espectral superficial nas bandas de 1 a 7 para as condições atmosféricas corrigidas.

O modelo SEBAL foi concebido para efetuar o balanço de energia em escala regional, tendo por base imagens orbitais e poucos dados complementares de superfície, apresentando como produto os mapas de ET em escalas regional e local em áreas irrigadas de regiões áridas.

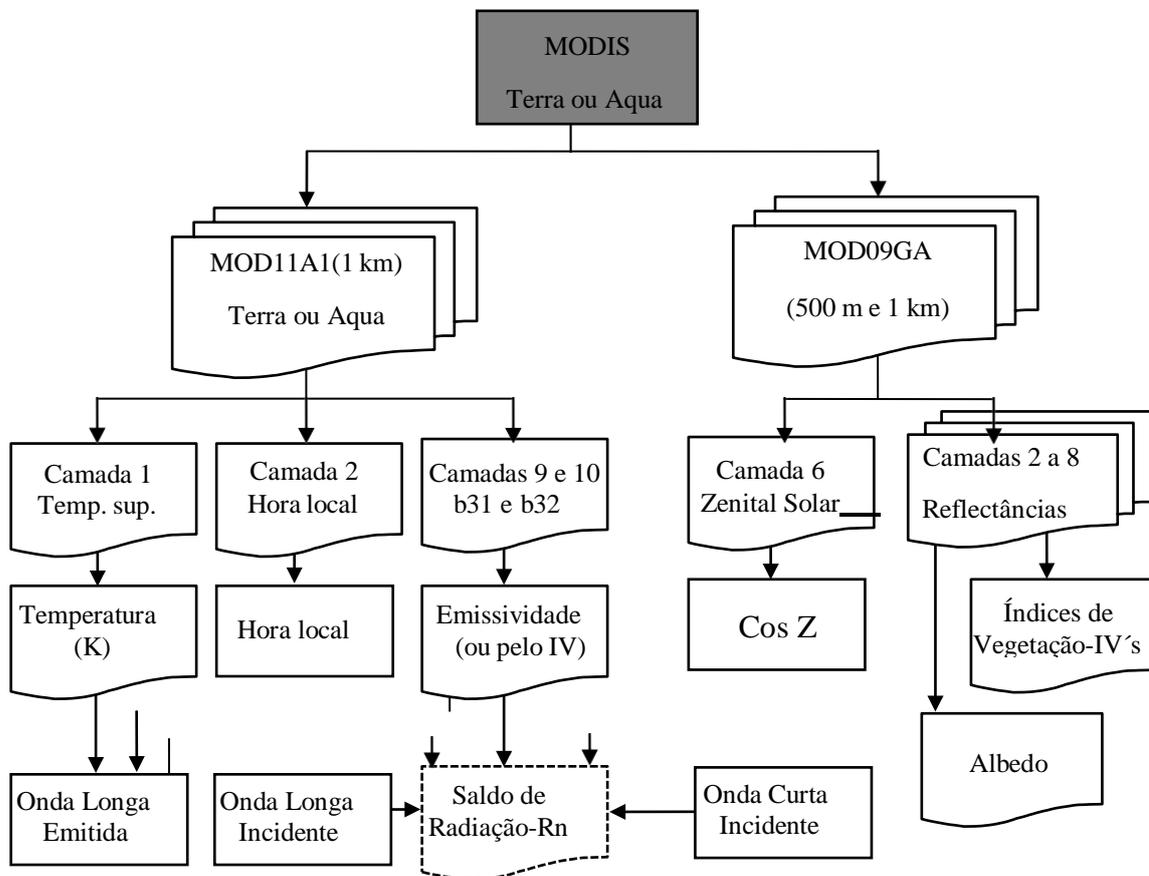
Sendo assim, o saldo de radiação foi estimado pixel a pixel com a aplicação do modelo SEBAL (BASTIAANSSEN, 1995), por ser uma área localizada na bacia do Moxotó, onde se encontra o maior reservatório artificial do estado de Pernambuco (Poço da Cruz), predominando-se campos de agricultura irrigada. Quando várias aquisições atendem aos critérios é usual o pixel de valor mínimo no canal da faixa do azul. No entanto, é selecionado o melhor pixel daquela cena.

A análise das amostras de saldo de radiação e da evapotranspiração ocorreu por meio de gráficos do tipo *boxplots*, que é uma forma de representação de estatística descritiva amplamente utilizada para avaliar a distribuição empírica dos dados.

A análise estatística dos resultados foi baseada em valores dos *pixels*. Além disso, foi realizada a análise de regressão com o objetivo de mensurar a sensibilidade de correlação entre as duas partições do balanço de energia, ou seja, distinguir a sensibilidade entre o saldo de radiação (Rn) e a evapotranspiração (ET) em relação a área de estudo.

Todo embasamento das fases adotadas encontra-se ilustrado no fluxograma da Figura 7.

Figura 7 - Sequência de processamento da carta temática do Rn e ET com utilização dos produtos MODIS



Fonte: Adaptado de Oliveira (2012).

5.3 PRÉ-ANÁLISE DOS LOCAIS A SEREM PESQUISADOS

Inicialmente foram realizadas consultas à literatura buscando, sobretudo, estudos desenvolvidos na região que abordassem a extensão do PIMOX e aspectos relacionados à invasão/ocorrência de *P. juliflora*. Posteriormente foram efetuadas as visitas de campo para entrevistas.

Nesta etapa, foram considerados os relatos de agricultores mais idosos do perímetro acerca da chegada da algarobeira no município de Ibimirim e sua propagação nos terrenos do PIMOX. Complementando-se a estes procedimentos para um melhor reconhecimento da área de estudo foram realizadas verificações dos campos que abrangem o PIMOX por meio de imagens de satélite disponíveis na plataforma gratuita Google Earth Pro.

5.3.1 Seleção dos lotes estudados

A definição dos lotes selecionados para os estudos sobre a propagação total ou parcial da algarobeira, e para a aplicação dos questionários com os irrigantes do PIMOX, deu-se primeiramente por consultas às plantas de malhas viárias do perímetro e aquisição de planilha com a relação atualizada dos irrigantes obtidas junto à sede do DNOCS, localizada na cidade de Ibimirim, em formato de arquivo PDF e Excel, respectivamente. Para uma melhor visualização da área de estudo foi realizada uma análise minuciosa da imagem da planta baixa do PIMOX. A estrutura da imagem das plantas da malha viária (planta baixa) foi modificada para curvas, linhas e polígonos, por meio do uso do programa de Sistema de Informação Geográfica - Quantum QGIS.

As plantas de malha viária e a lista dos agricultores disponibilizadas em formato de arquivo Excel composta de dados com o nome do irrigante, o número do lote, a agrovila a qual pertence o lote, o setor, o irrigante anterior e o atual e a área de cada lote em hectares, permitiu uma melhor equalização e organização em relação a realização do sorteio para a escolha das propriedades agrícolas trabalhadas na pesquisa. Neste contexto, procurou-se escolher lotes o mais próximo possível do canal principal, responsável pelo abastecimento de água para o suprimento das atividades agrícolas desenvolvidas no PIMOX, exceto a Agrovila VIII, localizada na divisa com o município de Inajá.

Após a realização das entrevistas com os irrigantes, foram adquiridas as coordenadas geográficas dos lotes ocupados e não ocupados por *P. juliflora*, mediante uso do GPS (*Differential Global Positioning System*) modelo Etrex 10 da marca Garmin. As fotografias

apresentadas neste estudo foram obtidas com o uso de um *smartphone* marca LG K11⁺, sem o uso do tripé, como a que se observa abaixo em um dos lotes do PIMOX localizado bem as proximidades do Açude Poço da Cruz (Figura 8).

Figura 8 - Coleta de pontos no PIMOX com uso do GPS Portátil Gamin Etrex 10



Fonte: Autor (2022).

A seguir, é possível visualizar cada lote a partir dos pontos coletados em campo. Entretanto, conforme pode-se perceber na Tabela 1, alguns dos agricultores do PIMOX não souberam com literalidade os números dos seus devidos lotes, fato este não considerado problema, uma vez que as coordenadas geográficas foram coletadas.

5.3.2 Localização dos lotes escolhidos para a pesquisa

A Tabela 1 apresenta com exatidão a localização dos lotes do PIMOX onde os pontos foram coletados em campo com o uso do GPS (*Differential Global Positioning System*) modelo Etrex 10 Garmin.

Tabela 1 – Relação de coordenadas geográficas das propriedades visitadas no Perímetro Irrigado do Moxotó - PIMOX, Ibimirim – PE

Ordem	Lote	Agrovila	Latitude	Longitude	Elevação
1	20	I	0831692	03741291	405”
2	6	I	0831366	03742552	408”
3	7	I	0831521	03742370	405”
4	8	I	0832662	03742383	407”
5	14	I	0831720	03741757	403”
6	15	I	0831607	03741713	404”
7	-	I	0831925	03740778	399”
8	-	I	0832224	03740644	403”
9	-	I	0832867	03740583	398”
10	-	I	0832711	03740544	399”
11	33	I	0834025	03740242	395”
12	51	III	0833878	03740602	400”
13	122	III	0834069	03740022	394”
14	-	III	0833767	03739596	396”
15	21	I	0831818	03741138	398”
16	29	I	0832781	03741044	402”
17	109	I	0834935	03740142	398”
18	171	III	0835340	03739116	394”
19	189	V	0835781	03739116	400”
20	194	V	0836190	03738328	389”
21	192	V	0836257	03738429	391”
22	203	V	0836765	03738421	390”
23	227	V	0836727	03738818	390”
24	-	I	0832043	03740578	408”
25	246	IV	0836707	03740134	391”
26	110	V	0834970	03740101	394”
27	126	IV	0834480	03739638	398”
28	114	III	0834194	03740032	393”
29	16	I	0831833	03741601	407”
30	17	I	0831971	03741533	403”

Fonte: Autor (2022).

5.4 PERCEPÇÃO AMBIENTAL DOS AGRICULTORES

5.4.1 Fundamentos éticos

Esta pesquisa, cuja abordagem está centrada no ponto de vista ambiental e socioeconômico sobre a planta exótica algarobeira, é oriunda de um subprojeto vinculado a uma pesquisa principal intitulada “Monitoramento e avaliação de impactos ambientais provocados pela algarobeira (*P. juliflora*) (Sw.) DC., ao longo do Perímetro Irrigado do Moxotó, Ibimirim – PE”, e somente foi realizada após o consentimento de cada participante, ou seja, após a aceitação dos irrigantes por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO).

Mediante o exposto para a consumação do estudo em destaque foi encaminhado junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco (CEP – UFPE) o

projeto de pesquisa, sendo este submetido à Plataforma Brasil com aprovação em 22/04/2020 sob o parecer nº 3.985.218, CAAE 29455320.9.0000.5208 (APÊNDICE C – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP), em conformidade com os preceitos dispostos na Resolução 510/16 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), que dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais. Tais procedimentos foram seguidos a fim de garantir, assim, o respeito aos partícipes envolvidos na investigação e a anonimidade dos dados adquiridos durante a realização das entrevistas.

5.4.2 Coleta de dados primários

A coleta de dados ocorreu durante os meses de junho e julho de 2020, em conformidade com as normatizações previamente descritas. O público-alvo escolhido para amostragem neste estudo foi de pequenos produtores rurais familiares (irrigantes), também denominados de colonos, economicamente ativos ou que estavam exercendo funções laborativas agropastoris nas propriedades rurais pertencentes ao PIMOX, no município de Ibimirim – PE.

Este perímetro irrigado abrange áreas urbanas e rurais, pelo fato de ele conter áreas irrigadas às margens e proximidades da cidade de Ibimirim e as agrovilas I, II, III, IV, V e VIII, simultaneamente. O principal objetivo foi colher dados sobre as disparidades das experiências e percepções de moradores locais sobre a invasão da algarobeira ao longo do tempo. Nesta ocasião, foram realizadas visitas intercaladas, filmagens, gravações de áudio e registro fotográfico em campos com invasão total, parcial e inexistente da planta e observações diretas dos usos e estratos remanescentes das áreas do PIMOX invadidas por *P. Juliflora* nos lotes em que foram visitados. Todas as visitas e dados coletados foram anotadas em um caderno de campo.

5.4.3 Estrutura do questionário

O formulário de perguntas destinado aos agricultores (irrigantes) do PIMOX foi constituído estruturalmente de itens demográficos e socioeconômicos, seguidos por data e hora da entrevista, nome do irrigante, município, localidade e número do lote, data de estabelecimento do lote, tamanho da propriedade, idade, escolaridade e relação com a terra, tendo como base ou plano de fundo estudos anteriores como o de Santos (2015).

As indagações sobre *P. juliflora* foram subdivididas em dois blocos: Bloco A - Composto pelos assuntos relacionados ao histórico, atividades e usos da algarobeira; e Bloco

B: Formado por questionamentos pertinentes aos impactos socioambientais, manejo e técnicas de controle da invasão de *P. juliflora* (APÊNDICE A – ROTEIRO PARA AS ENTREVISTAS) (IDYEMA, 2011; GAMA; AMADOR, 2011; HAJI; MOHAMMED, 2013; SANTOS, 2015; SHACKLETON *et. al.*, 2015; SANTOS, 2018).

5.4.4 Perfil dos entrevistados

Este estudo contou com uma amostragem de 30 agricultores familiares (irrigantes) pertencentes aos sistemas agrícolas do PIMOX, com os quais se efetuaram entrevistas com uso de formulários semiestruturados de modo presencial, propositado, dirigido e não-probabilístico, pelo fato de estes conviverem diariamente com a temática da expansão da algarobeira.

O perfil escolhido para participar das entrevistas foi determinado segundo os critérios de Reis (2018), as quais foram efetivadas com pessoas na idade de 18 a 65 anos, considerando o índice de População Economicamente Ativa (PEA), que corresponde a uma parcela do contingente populacional e representa todas as pessoas que trabalham ou que estão procurando emprego. Não existiu, assim, ordem entre os perfis descritos, somente uma abordagem aleatória que apontou a resposta ao questionário para a pessoa dentro da faixa etária selecionada.

Para fins de obtenção de informações e detalhamento acerca dos aspectos inerentes a chegada da planta na região, sobretudo nos terrenos do PIMOX, em Ibimirim, foram realizadas conversas informais com 3 agricultores idosos acima de 80 anos de idade, residentes nas agrovilas I e Vila do Poço da Cruz (Figura 9) no período de julho a agosto de 2020, seguindo as medidas e protocolos de segurança e prevenção estipulados pelas autoridades de saúde em prol da prevenção e combate ao vírus relacionado à Síndrome Respiratória Aguda Grave - SARS-CoV-2 (COVID-19).

Figura 9 - Informando a chegada da algarobeira em Ibirimir, com residente maior do que 80 anos na Vila Poço da Cruz, Ibirimir, PE



Fonte: Autor (2022).

5.4.5 Técnicas de coleta de dados

Durante o processo de coleta de dados, foi difícil o acesso aos entrevistados, em razão do isolamento e do distanciamento social imposto pela Organização Mundial da Saúde (OMS), em decorrência da pandemia causada pelo Novo Coronavírus (COVID-19), relacionada à Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS) e pela falta de conhecimento dos gestores de terras do PIMOX.

Em virtude disso, como tática para obter um número máximo de agricultores para compor a população amostral foi empregada a técnica *Snowball* (bola de neve) proposta por Vinuto (2014). Esta técnica consiste em se aproveitar de cadeias de referência, partindo da pesquisa documental e com o auxílio de informantes qualificados, também chamados de informantes-chave (SANTOS; CÂNDIDO, 2018). Dessa maneira, foram consultadas pessoas para participar da pesquisa. Tais procedimentos também foram adotados a partir de estudos anteriores, como os de Ferraz, Albuquerque e Meunier (2006) e Baldin e Munhoz (2011).

Desse modo, primeiramente, foram realizados contatos prévios e conversas para obter informações sobre a chegada e a propagação de *P. juliflora* no PIMOX, inclusive com servidores públicos do DNOCS, Associação dos Produtores Rurais Irrigantes do Vale do Moxotó (UNIVALE) e Secretária de Agricultura e Meio Ambiente de Ibirimir. Outros entes representativos de instituições privadas e públicas locais foram contatados para autorização, e por conseguinte consolidação da pesquisa e acolhimento dos agricultores por meio de telefone,

o qual se obteve um primeiro contato com um agricultor indicado. O agricultor recomendado indicou um outro agricultor e assim sucessivamente.

As entrevistas foram aplicadas, aleatoriamente, nas residências de cada agricultor entrevistado, e, quando possível, nos próprios lotes (propriedades) do perímetro irrigado. No intuito de tornar a pesquisa mais aleatória possível foram realizadas entrevistas com irrigantes nas agrovilas I, III, IV e V, estas pertencentes ao PIMOX, bem como nas Ruas Padre Cícero e Bairro Boa Vista, situadas na zona urbana de Ibimirim.

Algumas das entrevistas foram agendadas por meio de contato telefônico para que estes ficassem atentos à chegada da visita. Cada entrevista teve duração de, aproximadamente, 20 minutos, totalizando cerca de 10 horas de perguntas direcionadas a todos os agricultores, como por exemplo, a que se segue abaixo, a qual foi realizada na Agrovila 5 do PIMOX (Figura 10).

Figura 10 - Aplicação de entrevistas semiestruturadas com irrigante do PIMOX, Agrovila V



Fonte: Autor (2020).

Dentre as principais vantagens das entrevistas estruturadas estão a sua rapidez e o fato de não exigirem exaustiva preparação dos pesquisadores, o que implica em custos relativamente baixos. Outra vantagem é possibilitar a análise estatística dos dados, visto que as respostas obtidas são padronizadas. Ainda, a entrevista é seguramente a mais flexível de todas as técnicas de coleta de dados de que dispõem as Ciências Sociais. Isso porque podem ser definidos diferentes tipos de entrevista, em função de seu nível de estruturação. O mesmo autor ainda afirma que as entrevistas mais estruturadas são aquelas que pré-determinam, em maior grau, as

respostas a serem obtidas, ao passo que as menos estruturadas são desenvolvidas de forma mais espontânea, sem que estejam sujeitas a um modelo preestabelecido de interrogação (GIL, 2008).

5.4.6 Análise de conteúdo

O instrumento para análise dos dados coletados em campo foi a proposta por Bardin (2016), o qual define esta técnica como sendo de investigação, que tem por finalidade a descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto da comunicação. A definição de análise de conteúdo surge no final dos anos 40-50, com Berelson, auxiliado por Lazarsfeld. Apenas em 1977, foi publicada a obra de Bardin, “Analyse de Contenu”, na qual o método foi configurado nos detalhes que servem de orientação atualmente (CÂMARA, 2013).

A ferramenta de análise de conteúdo tem como objetivo sistematizar, de maneira clara, o objetivo dos dados de uma determinada pesquisa. Bardin (2011) indica que a análise de conteúdo era utilizada desde as primeiras tentativas da humanidade de interpretar os livros sagrados, tendo sido sistematizada como método apenas na década de 20, por Leavell. A análise de conteúdo como conjunto de técnicas, vale-se da comunicação como ponto de partida. Diferente de outras técnicas, como a estocagem ou indexação de informações e crítica literária, é sempre feita a partir da mensagem e tem por finalidade a produção de inferências (CÂMARA, 2013).

Sendo assim, exibiremos detalhadamente, no encadeamento destes artifícios metodológicos, a instrumentalização do *software* para a apreciação, tendo como ponto de partida ou plano de fundo as entrevistas aplicadas em campo com os agricultores. Entretanto, não foram feitas e/ou aplicada para esta investigação, a revisão sistemática das dissertações e teses brasileiras publicadas sobre a invasão, usos e impactos da planta exótica algarobeira (*P. juliflora*) – vulgo algaroba.

5.4.7 O *Software* ATLAS.ti aplicado a percepção socioambiental sobre a algarobeira

O instrumento para apreciação das informações coletadas em campo foi a análise de conteúdo anteriormente supracitada, apoiada pelo *software* ATLAS.ti 9, em sua nona versão, lançada em 09 de setembro de 2020, um recurso bastante utilizado nas pesquisas qualitativas, devido a sua aptidão intrínseca de avaliar e codificar informações diversas. Usado na atualidade para fins de materialização de um grande quantitativo de documentos, dentre os quais pode-se

citar gravações com uso de aparelhos eletroeletrônicos, como os próprios aparelhos Smartphones ou celulares.

Silva Júnior e Leão (2018) contam que dentre suas diversas funcionalidades está a possibilidade de construir estados da arte, análise multimídia de imagens, áudios e vídeos, tratamento estatístico de dados, análise de *surveys* e codificação de base de dados. A escolha por este instrumento se deu pelo fato de que ele organiza e sistematiza o estudo do pesquisador, colecionando tudo em gráficos conhecidos por “teias” (ANDRADE, 2013).

Trata-se de uma aplicação de informática usada principalmente, mas não exclusivamente, na investigação qualitativa ou na análise de dados qualitativos, tendo sido desenvolvida preliminarmente no seio da Universidade Técnica de Berlim, Alemanha, entre os anos 1989 e 1992. A primeira versão comercial do ATLAS.ti foi lançada em 1993 (CORUJO; REVEZ; SILVA., 2020), estando atualmente na versão 9 disponível para instalação em PCs, pode acionar dados em qualquer idioma como o japonês, chinês, árabe, hebraico e dentre outros. A interface utilizada para esta pesquisa está disponível em português.

É de suma importância ressaltar que, embora seja uma ferramenta que auxilia o pesquisador no processo de organização da análise dos dados, o *software* não faz a análise sozinho. Todas as inferências e categorizações devem ser feitas pelo pesquisador, suportado pela sua base teórica (SILVA JÚNIOR; LEÃO, 2018). Desse modo, para o sucesso da pesquisa sobre o tema em comento, foi empregado este *software*, pelo fato de ser um programa destinado a análises de dados qualitativos.

O ATLAS.ti 9 quando sobreposto às apreciações avaliativas sobre os impactos decorrentes das atividades antrópicas e não- antrópicas, como aqueles vinculados a espécies invasoras como a algarobeira, junto aos sistemas sociais, ambientais, culturais e de ordem econômica em campos agrícolas do PIMOX, nos permite um diagnóstico detalhado dos problemas e anseios existentes. Além disso, o *software* em comento nos permite arranjar um traçado em termos de artifícios focados em soluções e métodos de manejo e controle consideravelmente eficazes sobre os impactos prosaicos e atribulados oriundos da colonização da referida árvore exótica invasora.

5.4.8 Passos para a condução da análise das entrevistas no *software* ATLAS.ti 9

Todas as entrevistas foram gravadas por meio de aparelho celular *Smartphone* e, posteriormente transcritas no *Software* textual Microsoft Word, sendo estas identificadas

através de termos como “Ent. 001, Ent. 002”, e assim sucessivamente no intuito de evitar o máximo possível de ocorrência de erros, falhas ou incoerências durante as análises textuais das falas dos entrevistados. O *Software* ATLAS.ti versão 9 foi adquirido, para este estudo, por meio de compra de licença no segundo semestre de 2020, uma vez que esta última versão do programa foi lançada em setembro deste mesmo ano.

Tendo instalado o referido programa no computador, foi criado um projeto inicialmente denominado de “agricultores algaroba”, e logo posteriormente, renomeado para “impactos da algarobeira no PIMOX”.

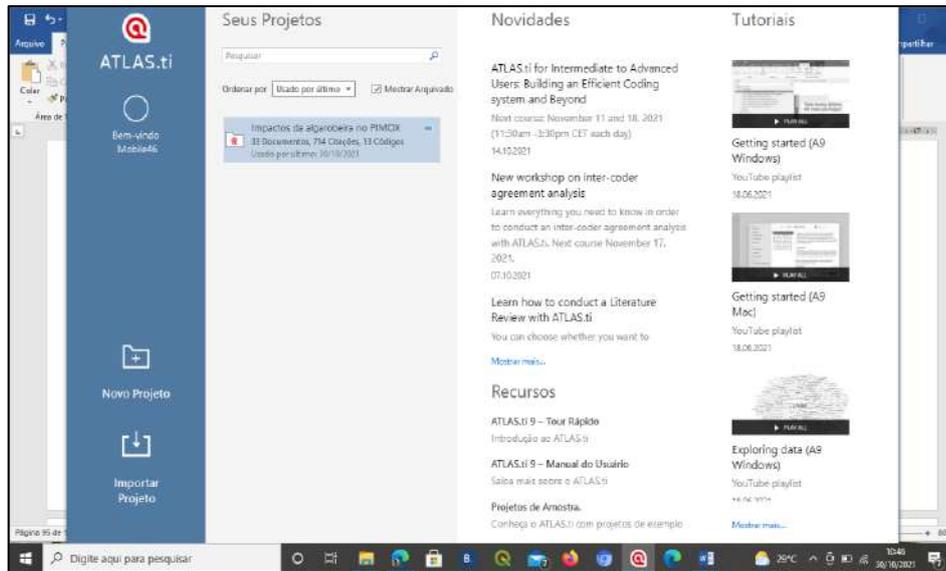
Para este projeto foram importados um total de 40 documentos, sendo reduzido este quantitativo para o número de 33 documentos, sendo eles os seguintes, a saber: i. 30 entrevistas transcritas em documentos separados; ii. Transcrição de entrevistas em um único documento; iii. Histórico, atividades e uso – Bloco A e; iv. Manejo e métodos de controle – Bloco B, exceto os dados socioeconômicos e demográficos dos agricultores entrevistados, os quais foram analisados a parte com o uso do *software* Excel.

Desse modo, foram criados e considerados para fins de análise, grupos de códigos, os quais segundo apontamentos de Silva Junior e Leão (2018), o *software* apresenta uma funcionalidade chamada network (rede), onde os códigos e famílias podem ser organizados em uma rede semântica semelhante a um mapa mental, permitindo melhor visualização do material produzido.

Neste seguimento, foram inseridos no projeto os seguintes grupos de códigos: i. Historicidade da algarobeira; ii. Impactos ambientais negativos; iii. Impactos ambientais positivos; iv. Manejo e métodos de controle; v. Propagação da algarobeira; vi. Usos da algarobeira.

A magnitude (quantitativo) de citações referente a cada um dos códigos criados serão discriminados mais adiante, ao longo do texto deste estudo, como resultados obtidos com a aplicação das metodologias adequadas.

Após a transcrição dos questionários foram efetivadas a inserção dos documentos equivalentes a cada entrevista e, assim tendo escolhido as opções/recursos com os quais iriam se trabalhar no *software* ATLAS.ti (Figura 11). Desse modo, deu-se inicialização a análise dos dados por meio das opções projeto e adicionar documento, respectivamente.

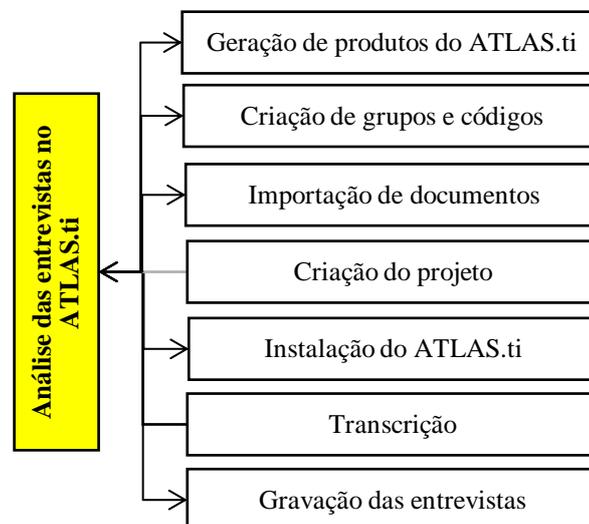
Figura 11 - Tela inicial do *software* ATLAS.ti

Fonte: Autor (2022).

Adverte-se que este programa visou auxiliar na organização do material coletado (entrevistas transcritas) e fornecer apoio para a sistematização de algumas das etapas da Análise de Conteúdo, como: a pré-análise e a codificação da base de dados para posterior análise e interpretação dos dados, por meio da criação de categorias analíticas geradas, com base nesta sistematização (SANTOS, 2020), com enfoque e para fins de geração de possíveis efeitos aderentes a pesquisa em destaque.

Neste sentido, vislumbra-se por meio do gráfico de processos, de baixo para cima, todos os passos que constituíram a análise das entrevistas com o uso do *software* ATLAS.ti (Figura 12).

Figura 12 - Fluxograma de análise das entrevistas



Fonte: Autor (2022).

Os componentes do *software* ATLAS.ti foram equiparados às categorias de Bardin (1977), por meio da seguinte sistematização, também adotada em estudos sobre percepção ambiental desenvolvidos por Santos (2020). Os artifícios e categorias deste *software* utilizados para este estudo encontram-se logo abaixo discriminados (Quadro 3), como se segue:

Quadro 3 – Sistematização dos componentes e categorias para análise textual

COMPONENTES (ATLAS.ti)	CATEGORIAS (Bardin)
Códigos (temas específicos) Análise de sentimentos	Unidades de registro
Grupos de códigos (temas gerais)	Unidade de contexto
Citações (trechos das entrevistas)	
Redes (conjunto dos componentes acima)	

Fonte: Adaptado de Santos (2020).

O processo de codificação é importante na análise de conteúdo - AC, pois permite identificar aspectos que parecem importantes na pré-análise, mas que nem sempre serão utilizados na categorização (SILVA JÚNIOR; LEÃO, 2018).

5.5 ANÁLISES DAS PARTES INTERESSADAS – *STAKEHOLDERS*

"*Stakeholder*" é qualquer indivíduo, grupo ou organização que são ou podem ser afetados potencialmente por atividades de projetos e/ou ter algum interesse em uma questão ou recurso natural particular. Este procedimento também foi empregado para estudos voltados ao impacto de *P. juliflora* sobre os meios de subsistência familiar em ambientes áridos e semiáridos campestres da África Oriental (GOLDER; MEG, 2005; IDYEMA, 2011).

Para elaboração deste item, foi considerado o histórico da algarobeira na região Nordeste do Brasil, a partir de análises junto a obras literárias e estudos anteriores (livros, teses, dissertações, notas técnicas, artigos de periódicos etc.). Foi conduzido um exame minucioso sobre os indivíduos, comunidades e organizações primárias e secundárias, que outrora ou presentemente demonstraram e comprovam interesses diversos sobre *P. juliflora* ao longo dos terrenos total ou parcialmente irrigados do PIMOX. Foram contactados representantes das referidas partes interessadas em busca de informes acerca dos interesses sobre a espécie exótica.

Tal investigação foi realizada visando uma melhor categorização dos entes da administração pública, privada e sociedade civil como um todo, envolvidos no processo de introdução, exploração, gestão e controle da planta. Os *stakeholders* deste estudo foram descobertos a partir da análise cuidadosa junto à literatura sobre o tema, aplicação dos

questionários em campo e conversas informais com entes representativos e não representativos de diversos indivíduos da sociedade.

5.6 ANÁLISES DE IMPACTO: INDICADORES SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS NO MODELO DPSIR (FORÇA MOTRIZ/PRESSÃO, ESTADO, IMPACTO, RESPOSTA)

Para fins de complementação e correlação dos impactos da algarobeira sobre os serviços ecossistêmicos e o bem-estar humano obtidos a partir das campanhas de campo, averiguação da cobertura e uso do solo aliado às percepções dos produtores agrícolas (irrigantes) da extensão do PIMOX, em Ibimirim, foi aplicado para esta dissertação o método Modelo Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta – DPSIR, proposto por Gabrielsen e Bosh (2003); Golder e Meg (2005) e; Idyema (2011).

O indicador DPSIR foi adotado com o desígnio de analisar e classificar, sob o viés também qualitativo, os impactos de *P. juliflora* sobre os sistemas antrópicos agropastoris, os meios de sustento e naturais, culturais e demais atributos existentes no PIMOX. As conexões entre a resposta que, neste caso, são as medidas de gestão e o estado, foram analisadas (IDYEMA, 2011).

Segundo Landim Neto (2016), o DPSIR é utilizado em diversas regiões do mundo para mensurar e qualificar os impactos ambientais provenientes das ações humanas, como também estabelecer diagnósticos, prognósticos ambientais e instrumentos que subsidiam o planejamento ambiental e o desenvolvimento de políticas públicas condizentes com a realidade, levando-se em consideração as escalas (nacional, regional e local).

Para análise dos problemas ambientais provocados pela a algarobeira, foi utilizada a ferramenta quadro DPSIR que possui a capacidade de fornecer um mecanismo global de análise de problemas ambientais, sejam eles de origem antrópica ou não-antrópica (GABRIELSEN; BOSH 2003; IDYEMA, 2011). Este modelo considera que as atividades econômicas e o comportamento humano afetam a qualidade ambiental (KEMERICH *et al.*, 2014).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

6.1.1 Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI

Áreas sob *P. juliflora* podem ser detectadas e delineadas usando classes de vegetação baseadas em sensoriamento remoto (BHAGAT; MORE, 2013), a exemplo das áreas parcialmente e totalmente irrigadas situadas na extensão do PIMOX, Pernambuco, para o qual imagens NDVI foram confeccionadas empregando bandas vermelhas e infravermelhas.

A aplicabilidade do NDVI para este estudo deu-se em virtude de que espécies *Prosopis*, como por exemplo, *P. juliflora*, comumente chamadas de algaroba, permanecem sempre verdes ao longo do ano o que permite a detecção, quantificação e monitoramento de taxas de invasão por meio de sensoriamento remoto para avaliar o uso possível de dados espectrais na discriminação destas espécies.

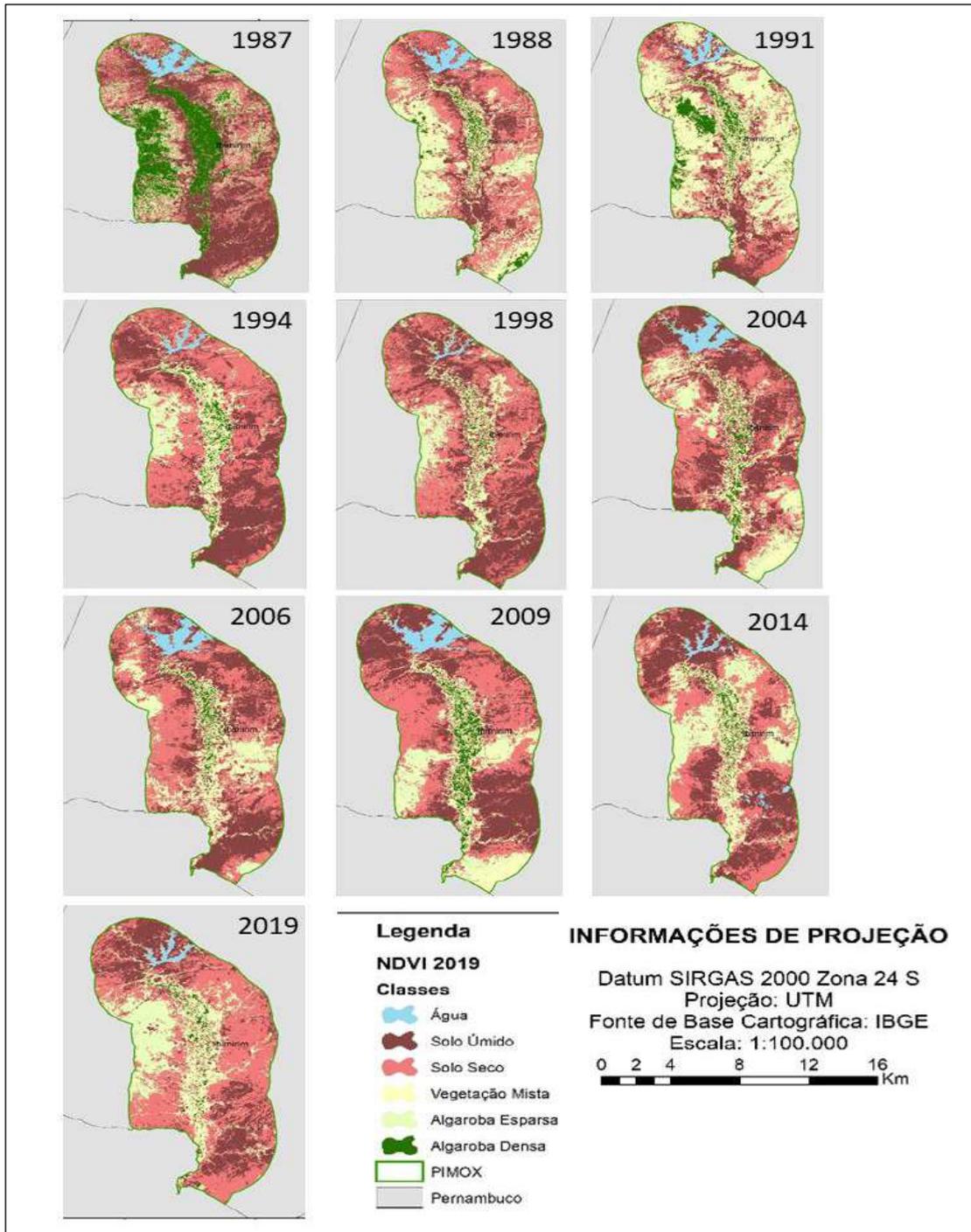
Constatou-se que *P. juliflora* tem baixa refletância na luz vermelha e alta refletância no infravermelho próximo. Além disso, alta absorção de luz vermelha pela *P. juliflora* e a reflexão da luz NIR com as de outras plantas nativas (HOSHINO *et al.*, 2012), como por exemplo, as árvores do bioma caatinga e cultivos agrícolas.

Neste estudo, após a realização dos cálculos, o NDVI foi classificado em seis classes, sendo três com presença de algaroba (algaroba esparsa, vegetação mista e algaroba densa), e as classes de água, solo úmido e solo seco conforme proposto por Shiferaw *et al.* (2019), assim como nos estudos de Suliman *et al.* (2015) e Meroni *et al.* (2017), nos quais existem correspondências dessas classes delimitadas e definidas respostas espectrais resultantes da equação aplicada dentro de ambiente computacional.

Ressalta-se que para detecção de algarobas, todas as imagens foram coletadas durante os meses de outubro, novembro e dezembro de cada ano analisado, pois em períodos secos, a ausência de folhagem da caatinga pode ajudar na visualização dos dados acerca da distribuição dos dosséis da árvore em evidência.

Na Figura 13 é apresentada a área do PIMOX, considerando as imagens obtidas entre o período de tempo de 17/11/1987 e 18/10/2019. Para este estudo foram apresentados mapas por períodos espaço-temporais distintos, cuja finalidade foi verificar as áreas já colonizadas e propensas a invasão de árvores *P. juliflora*.

Figura 13 - NDVI para o PIMOX, Pernambuco



Fonte: Autor (2022).

Para à classificação do NDVI dos estratos vegetativos, foi visto que os valores calculados exibiram um intervalo de 0,1-0,2 para áreas de algaroba esparsa e densa respectivamente. Isso dá-se, sem dúvida, em virtude da significativa quantidade de terrenos com solo exposto ou não utilizados pelas atividades agrícolas, bem como a dispersão de sementes pelo o gado e umidade destes solos que assim o tornam susceptíveis a invasão pela

referida espécie. Enquanto para vegetação mista se obteve o valor bem aproximado ou igual a 0,1.

Os dados referentes a quilometragem das áreas de vegetação, a saber, algaroba esparsa, vegetação mista e algaroba densa, classificadas de acordo com o NDVI, estão organizados na Tabela 2.

Tabela 2 - Áreas classificadas de acordo com o NDVI para áreas de algaroba do PIMOX, Pernambuco

Área das classes de NDVI (km ²)			
Data	Algaroba Esparsa	Vegetação Mista	Algaroba Densa
17/11/1987	42,32	35,49	105,83
25/10/1988	120,74	50,11	18,52
14/12/1991	143,76	110,86	39,00
06/12/1994	70,09	24,57	1,37
14/10/1998	72,90	21,33	7,98
17/12/2004	92,41	34,05	14,66
07/12/2006	85,54	30,54	10,70
07/10/2009	42,32	35,49	105,83
28/11/2014	110,83	30,43	11,68
18/10/2019	11,80	27,01	9,19

Fonte: Autor (2022).

Considerando, especificamente, a imagem LANDSAT datada em 17/11/1987 (Figura 13), a classe algaroba esparsa apresentou ocorrência em 10 km², enquanto a algaroba densa exibiu quantitativo de áreas superiores a 42 km², principalmente nos campos próximos aos mananciais. Essa última classe pode ser observada ao redor do rio Moxotó, em uma área que por definição seria ocupada por mata ciliar formada por espécies endêmicas da caatinga, quando existe, na realidade, a presença de *P. juliflora* em maiores dimensões.

Nos mapas da Figura 13, também é possível perceber a diferenciação entre 17/11/1987 para 25/10/1988, em épocas semelhantes do ano, ocorre aumento na densidade de estratos esparsos da árvore em relação ao ano anterior com um aumento em 25/10/1988 para 120 km² de árvores *P. juliflora* no PIMOX.

Passando para a imagem relativa a 14/12/1991, a classe algaroba esparsa persiste sendo a classe de maior expressividade nos terrenos do perímetro do PIMOX, seguido da classe de algaroba densa, com discrepâncias expressivas, sendo 143 km² e 39 km², respectivamente.

Em 17/12/2004, é possível notar pela distribuição espacial da classe de algaroba esparsa, um pequeno acréscimo nos níveis de presença deste tipo de vegetação com um total de 92 km²,

comparado a área referente à data de 14/10/1998, cujo valor observado foi de 72 km². Também há um acréscimo nos níveis de algaroba densa, de 7 km², em 1998, para 14 km², em 2004.

Ao se tratar da época de 07/12/2006, pode-se observar resultado semelhante ao ano de 17/12/2004. Nas áreas analisadas, a classe de algaroba esparsa continua sendo predominante com 85 km², enquanto a classe de algaroba densa diminui em relação ao ano anterior, ficando com 10 km². Tratando-se da densidade de vegetação do índice de anomalia de chuvas, a densidade com proximidade ao valor de 6 para a área de estudo se mostra como relevante nos lugares de maior altimetria do município, do PIMOX e das proximidades do rio Moxotó, no qual pode-se averiguar a infestação da referida árvore invasora em maiores extensões.

Avaliando o mapa da Figura 13, referente a data de 07/10/2009, também é possível notar as diferenças em relação à época de 07/12/2006, no qual a presença da classe de vegetação mista se mostra mais proeminente em comparação ao ano anterior com 35 km². A classe de algaroba densa tem aumentos significativos, contendo 105 km², muito embora tenha ocorrido alguma diminuição em relação aos anos anteriores em toda a extensão do PIMOX. A classe de estratos de algaroba esparsa se atenua em relação ao ano precedente com 42 km² (Figura 13 e Tabela 2).

Quando se analisa a seguir a data de 28/11/2014, é importante destacar que a ocorrência de algaroba esparsa volta a crescer com expressividade em todo o perímetro irrigado totalizando 110 km² de área. Uma distinção de maior relevância ocorre no que tange a invasão de algaroba densa nesta data, 28/11/2014, com diminuição escalar para 11 km², em relação ao ano analisado anteriormente, com 105 km². Sendo assim, a algaroba esparsa fica em 110 km², principalmente nos arredores do rio Moxotó onde passa os terrenos PIMOX.

Em 18/10/2019, a classe algaroba densa apresenta área ainda menor do que em 07/10/2009 e 28/11/2014, apresentando 9 km², enquanto a algaroba esparsa representa apenas 11 Km² de extensão territorial destes terrenos irrigados.

Neste seguimento, além das classes relativas a *P. juliflora*, vislumbra-se os valores de NDVI relativos as classes de água, solo úmido e solo seco no PIMOX, conforme se encontra na (Tabela 3).

Tabela 3 - Áreas classificadas de acordo com o NDVI para o solo do PIMOX, Pernambuco

Data	Área das classes de NDVI (km ²)		
	Água	Solo Úmido	Solo Seco
17/11/1987	16,37	19,00	128,80
25/10/1988	16,01	101,27	212,25
14/12/1991	11,03	89,06	125,19
06/12/1994	5,50	191,97	213,06
14/10/1998	3,05	1,984	215,19
17/12/2004	18,54	195,28	173,96
07/12/2006	16,98	16,82	207,38
07/10/2009	16,37	19,00	128,80
28/11/2014	8,59	174,64	182,74
18/10/2019	5,80	117,99	247,10

Fonte: Autor (2022).

Para a classificação do NDVI da água, foi visto que os valores calculados exibiram um intervalo de -0,05 -0,1, devido principalmente aos índices de precipitação observados durante os anos de 2004 e 2009 respectivamente, nos quais se houve aumento da coluna d'água do Açude Poço da Cruz. Enquanto para as classes de solo úmido e solo seco foram considerados valores acima de 0,05.

Considerando a imagem datada de 17/11/1987 (Figura 13), a classe de solo úmido, com quantitativo de 19 km², representa a classe com maior presença em relação às demais, devido sobretudo, as águas do açude Poço da Cruz, responsável pelo abastecimento para fins de irrigação do PIMOX, enquanto a área para solo seco é de 12 km².

Em 14/12/1991, a classe água diminuiu bastante em comparação aos demais anos antecedentes, constituindo e/ou ocupando apenas 11 km² de toda a área de estudo (Figura 13). Para a data 06/12/1994, o declínio dessa classe é ainda mais acentuado. É possível observar, nesse período, que na maior parte do PIMOX não há área relevante ocupada por água (apenas 5 km²). Isso se deu em consequência dos fortes e prolongados períodos de estiagem (secas) que atingiram a região e proporcionaram diminuição e escassez deste recurso natural.

Ao se tratar de 14/10/1998, é perceptível um decréscimo ainda maior em analogia ao ano anteriormente analisado no que se refere a presença de água, sendo de apenas 3 km² de área em virtude das secas.

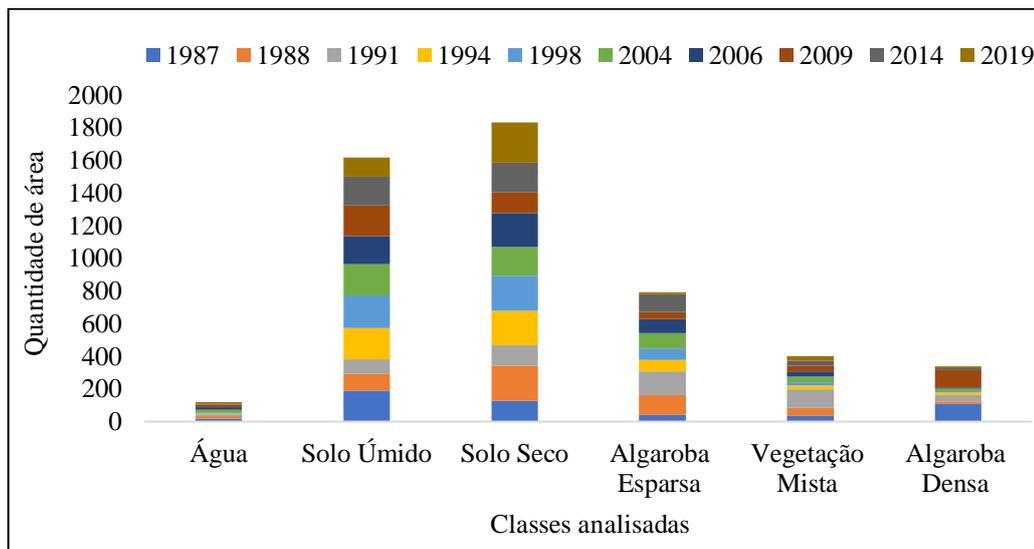
Em 17/12/2004, trata-se de um ano com maior regime pluviométrico que os anteriores, julgando pelo tamanho da área dos corpos d'água, quando se observa a presença especializada dessa classe no açude Poço da Cruz, no município de Ibimirim. Ao se tratar da época de

07/12/2006, pode-se observar resultado semelhante ao ano de 17/12/2004, uma vez que a classe de água continua se destacando com 16 km², devido às chuvas intensas que sucederam nos anos anteriores. Porém, ainda é perceptível o predomínio de um quantitativo expressivo de terrenos com solos secos, 207 km², sendo maior que o ano anterior, cujo valor era 173 km².

Na data de 18/10/2019, existem algumas mudanças em relação ao ano datado de 28/11/2014 (Figura 13), no qual se pode perceber a consistência de campos agrícolas do PIMOX com intenso predomínio das classes solo úmido e solo seco, totalizando 364 km², as quais se encontram com esse aspecto característico em virtude do não funcionamento do perímetro irrigado em análise, bem como da escassez de chuvas nesta localidade.

Os valores completos e mais específicos, em km², para os mapas de NDVI (Figura 13) e Tabelas 2 e 3, podem ser observados na Figura 14, na qual encontra-se o quantitativo de áreas ocupadas por cada uma das classes estudadas, bem como apresentam a evolução e as alterações destas durante a série histórica analisada.

Figura 14 - Evolução das classes do NDVI no PIMOX, Pernambuco



Fonte: O autor (2022).

Neste seguimento é perceptível, que as classes água, solo úmido e solo seco, sequencialmente, se mostram mais expressivas em termos de ocupação nos anos datados em 17/12/2004, 07/12/2006 e 07/10/2009, o que está associado aos altos índices de precipitação ocorridos naquele ano. Para o imageamento datado em 18/10/2019, foi averiguado altos índices de solos secos superando todos os demais anos analisados.

Considerando as classes algaroba esparsa e algaroba densa, percebe-se uma evolução significativa da invasão dessa espécie no PIMOX nas imagens datadas em 14/12/1991,

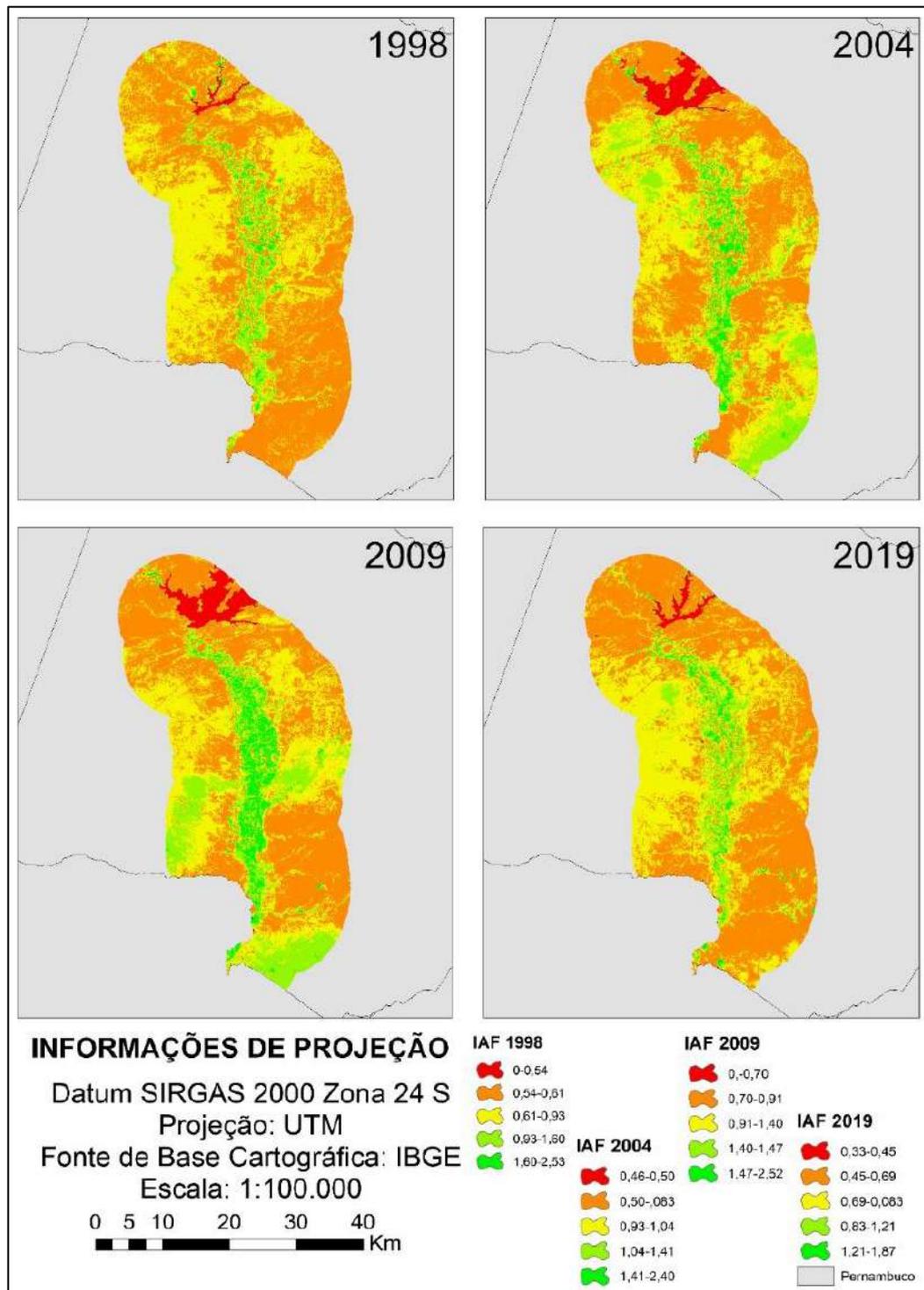
14/10/1998 e 07/10/2009 (barras de tonalidade cinza, azul claro e marrom), sendo a classe de algaroba esparsa a que mais se repercute em termos de áreas ocupadas. A vegetação mista se mostra bem presente no período de 14/12/1991.

O restante das classes mantém uma estabilidade considerável ao passar dos anos. Na classe algaroba densa é perceptível um declínio considerável em 18/10/2019, após invasões significativas nos anos anteriores. Contudo, apesar de quase ter desaparecido em 14/10/1998 e 18/10/2019, a algaroba densa mostra na maioria dos anos uma normalização do seu tamanho de área ficando sempre em torno de 50 a 100 km², dentro do perímetro irrigado. Tal resultado se assemelha ao também constatado por Seco (2014), ao realizar essa detecção de espécies não endêmicas.

6.1.2 Índice de Área Foliar - IAF

As informações contidas nos mapas (Figura 15) representam o resultado do IAF como sendo uma variável biofísica, definida como a densidade de área foliar (cobertura vegetal) comparada por área da superfície do terreno analisado (BRAZ; ÁGUAS; GARCIA, 2015), ou seja, o quantitativo de biomassa de estratos de *P. juliflora*, em comparação a área do PIMOX que consiste em 12.395,96 ha.

Figura 15 - IAF para o PIMOX, Pernambuco



Fonte: O autor (2022).

Na Tabela 4 está apresentado o índice de área foliar (IAF) no PIMOX, Ibimirim, durante a estação seca para os seguintes dias 14/10/1998, 17/12/2004, 07/10/2009 e 18/10/2019, respectivamente.

Tabela 4 - Áreas classificadas de acordo com o IAF no PIMOX, Pernambuco

Data	Valor de IAF				
	Água (Vermelho)	Pouca vegetação (Laranja)	Vegetação mista (Amarelo)	Algaroba esparsa (Verde Claro)	Algaroba densa (Verde escuro)
14/10/1998	0-0,54	0,54-0,61	0,61-0,93	0,93-1,60	1,60-2,53
17/12/2004	0,46-0,50	0,50-0,93	0,93-1,04	1,04-1,41	1,41-2,40
07/10/2009	0-0,70	0,70-0,91	0,91-1,40	1,40-1,47	1,47-2,52
18/10/2019	0,33-0,45	0,45-0,69	0,69-0,83	0,83-1,21	1,21-1,87

Fonte: O autor (2022).

Os maiores valores de IAF apresentam-se com tonalidades do verde escuro (verde lima) ao verde claro (verde abacate), ou seja, precisamente nas áreas bem vegetadas que cobrem os terrenos pertencentes ao PIMOX, assim como áreas irrigadas situadas próximo às margens do rio Moxotó.

Na imagem datada de 14/10/1998 (Figura 15), observa-se tonalidades mais fortes quando comparadas as demais, com maior presença de vegetação, com valores de pixels entre 1,60-2,53, os quais foram também influenciados pelos índices significativos de escassez hídrica que se repercutiu no município de Ibirimir, assim como em todo o Nordeste brasileiro naquela ocasião.

Os menores valores são observados nos pixels dos mais claros aos mais escuros, a saber, do amarelo ao laranja, fechando com o vermelho, que retratam áreas de solo com vegetação mista, solo exposto ou pouca cobertura vegetal, representando comunidades ou agrovilas pertencentes ao perímetro irrigado, áreas impermeabilizadas, área de cultivos agrícolas e de corpos hídricos.

Logo, observa-se que para a área do PIMOX, mediante imageamento do dia 14/10/1998, o IAF, na condição de identificador de biomassa de cada pixel, apresentou maior cobertura vegetal em relação aos demais anos analisados, 2004, 2009 e 2019 sequencialmente, com pixels com valor entre 1,60-2,53 e 0,93-1,60.

Embora a maior parte das imagens (Figura 15) exponham IAFs de valores acima de 1,61 a 2,01, a cobertura vegetal de algarobas variou desde esparsa a densa, assim como vislumbrado nos mapas relativos ao índice anteriormente analisado, o NDVI. As tonalidades em vermelho demonstram pequena representatividade de recursos hídricos que abastecem as áreas de irrigação do PIMOX.

Analisando o IAF referente ao ano de 2004, percebe-se mais claramente os efeitos meramente significativos em relação a invasão de *P. juliflora* no PIMOX, representando-se pela tonalidade verde escura, principalmente nas áreas marginais do rio Moxotó (APP), onde também se encontra a sede do município com valores de pixels de 1,41-2,40.

Além disso, é perceptível a permanência do quantitativo expressivo da coluna d'água do reservatório Açude Poço da Cruz, derivado das intensas chuvas que abrangeram a região naquela ocasião, superando o ano anterior analisado, retratado especialmente nas imagens do dia 17/12/2004, que, mesmo associados à estação seca do município, ainda se encontra com um volume bem significativo de água neste reservatório.

Altos índices de vegetação mista são achados em maiores proporções quando comparado com o ano anterior, com somatório de valores de pixels entre 0,93-1,04, no qual percebe-se a presença, principalmente a jusante do Açude Poço da Cruz, no lado esquerdo do mapa do PIMOX, vestígios de pixels neste aspecto característico, o que também pode estar aliado a presença de solos expostos ou com pouca vegetação, dentre outros fatores.

Tratando-se do IAF relativo ao ano de 2009, também se percebe uma invasão de dosséis invasivos de *P. juliflora* com valores entre 1,47-2,52 para a data de passagem de 07/10/2009, assim como pequenas manchas para as proximidades do corpo hídrico açude Poço da Cruz, que também se represa em territórios de outros municípios como Sertânia e Custódia. Além disso, há predominância de quantitativos expressivos de pixels que se caracterizam também como solo exposto ou áreas com pouca vegetação, representado na tonalidade laranja, com valores nos mapas que variam de 0,70-0,91.

Em 18/10/2019, percebe-se que o IAF para vegetação da espécie *P. juliflora* apresenta pixels de valores bem mais reduzidos que os demais anos, 1,21-1,87, o que caracteriza exploração e/ou usos da árvore por parte dos agricultores e outras partes interessadas neste recurso natural.

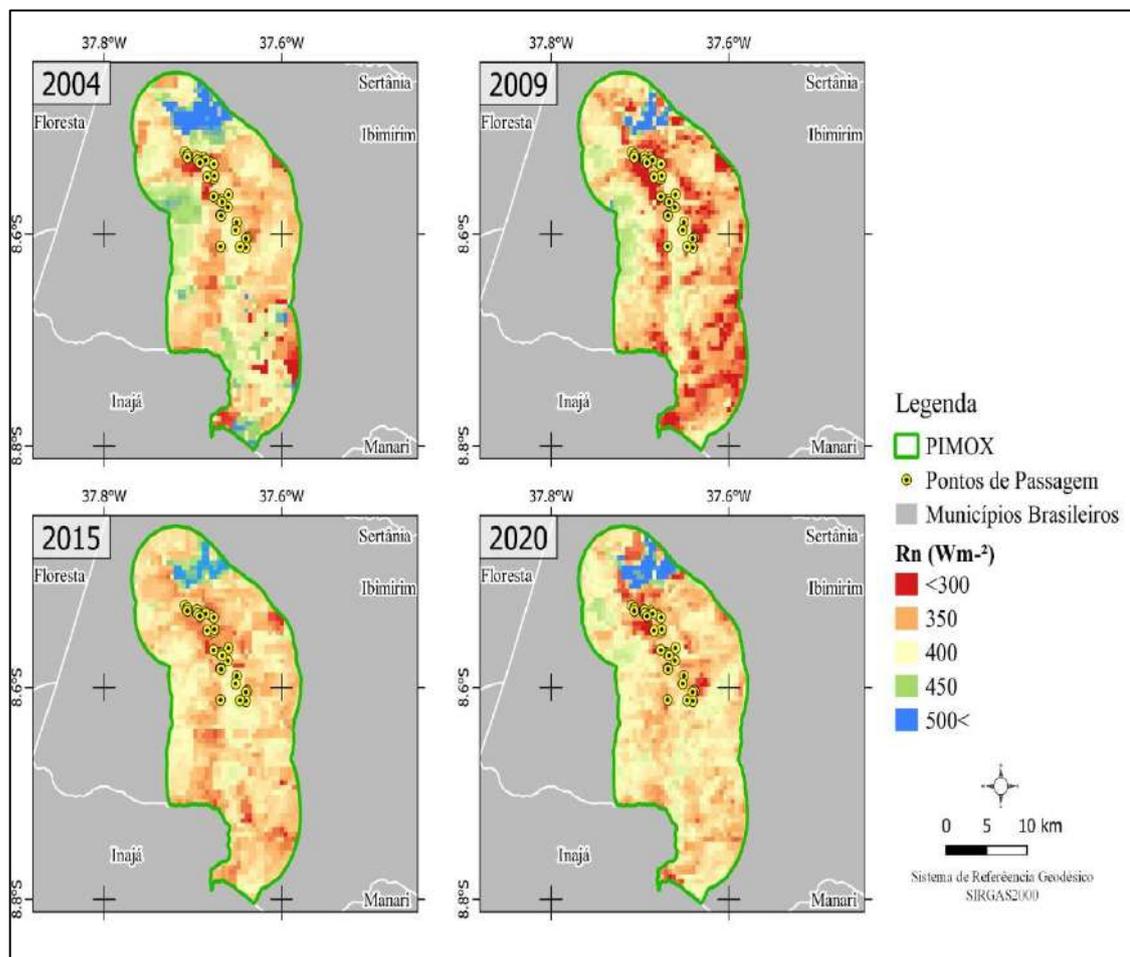
Os índices representados em forma de mapas temáticos ainda poderão ser utilizados para subsidiar um Sistema de Informações Geográficas (SIG), que aliados a técnicas de geoprocessamento poderão realizar análises espaciais mais específicas que possam vir a viabilizarem o monitoramento a médio e longo prazo, resultando em diagnósticos aplicados ao planejamento ambiental (LOBATO *et al.*, 2010; BRAZ; ÁGUAS; GARCIA, 2015).

6.2 BALANÇO DE ENERGIA

6.2.1 Saldo de radiação (Rn)

Na Figura 16 está ilustrado o mapa de distribuição espacial do saldo de radiação (Rn), enfatiza o padrão de resposta nos terrenos do PIMOX. Na visão de Martins (2000) o saldo de radiação é o principal componente do balanço de radiação, e ao mesmo tempo, representa um parâmetro fundamental nos métodos que estimam as perdas de água por superfícies vegetadas.

Figura 16 - Mapas de saldo de radiação (Rn) no PIMOX



Fonte: Autor (2022).

Observa-se nos mapas que a distribuição espacial do saldo de radiação ocorre de forma bastante heterogênea em todos os anos, com valores variando entre 300 ~ 500, aproximadamente. No setor central do município, concentra-se baixos valores de saldo de radiação, que podem estar associados a feições de solo exposto, uma vez que este componente da paisagem apresenta um brilho significativo e uma coloração clara, resultando nos maiores

albedo e fluxo da radiação de ondas curtas, ocorrendo assim, menor emissão das ondas longas recebida pelo sensor. Ou seja, valores elevados de albedo favorecem uma maior reflectância dos alvos, isso é, quanto maior o albedo, maior é a quantidade de radiação que a superfície perde para a atmosfera e conseqüentemente menor é o R_n .

Os valores mais elevados de saldo de radiação foram vistos no corpo hídrico do reservatório e nas áreas de vegetação. Essas diferenças estão relacionadas ao comportamento espectral dos alvos, principalmente aos valores de baixo albedo obtidos na água e nos estratos vegetativos, dentre os quais, áreas acidentalmente ou propositalmente invadidas por *P. juliflora*, uma vez que ambos os elementos possuem alta absorção na faixa do visível.

Resultados semelhantes foram encontrados em estudo conduzido por Martins (2000) em duas áreas localizadas no município de Serra Negra do Norte – RN, em que, durante o período seco, nas áreas de caatinga e algaroba, o R_n representou 76,0 e 77,0%, respectivamente, e durante o período chuvoso, 77,1 e 78,3%.

Esses resultados conferem com o descrito por Gusmão *et al.* (2012) que encontraram para a água valores de R_n acima de 575 W m^{-2} em uma área no estado do Tocantins. Para a vegetação nativa, Gusmão *et al.* (2012) descobriram valores entre 500 e 575 W m^{-2} , salientando que se trata de um tipo vegetacional diferente da caatinga. Esses resultados também conferem com o descrito por Gomes *et al.* (2009) que registraram valores entre 300 e 400 W m^{-2} e Chavez *et al.* (2007) que encontraram valores entre 500 e 550 W m^{-2} .

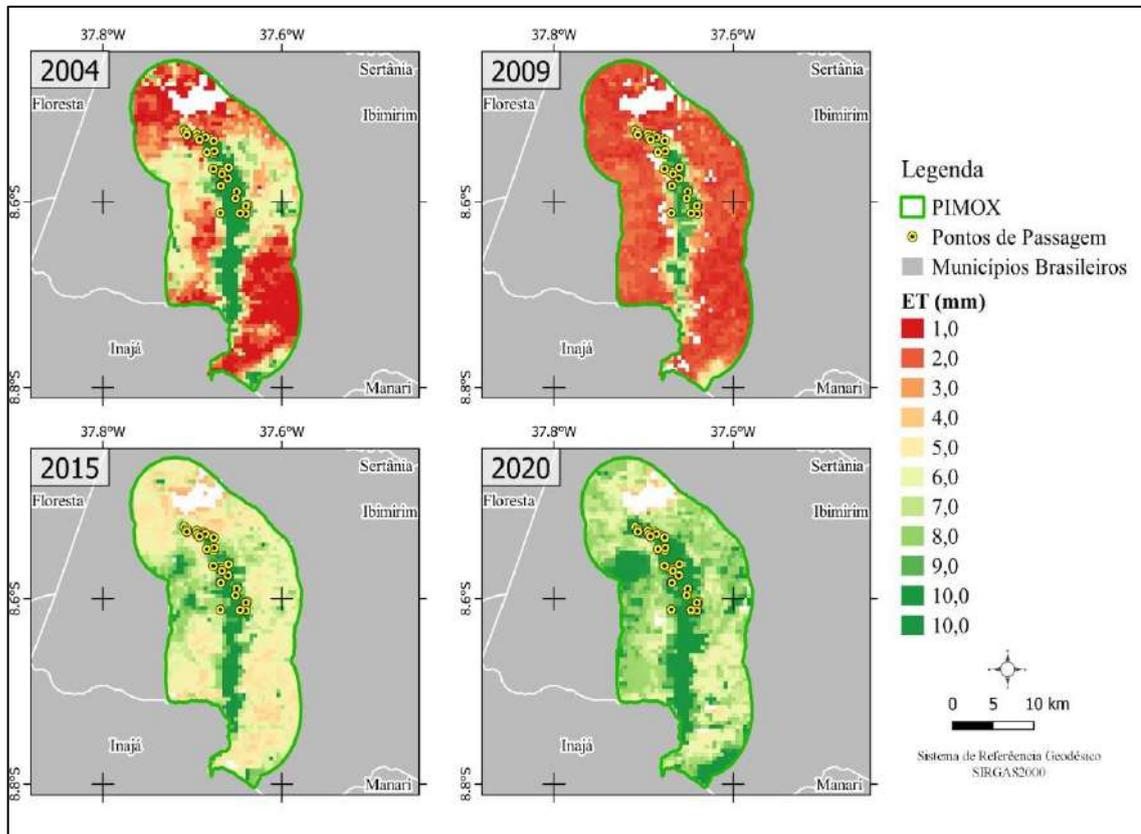
Semelhante ao que também foi encontrado por Silva *et al.* (2021), os quais observaram, no período seco de Arcoverde – PE, município limítrofe ao de Ibimirim, onde se encontra o PIMOX, valores de saldo de radiação elevados para a vegetação densa ($650 \sim 800 \text{ W m}^{-2}$) e advertiram que as regiões com os menores valores do albedo e temperatura apresentaram os maiores valores do saldo de radiação para todo o período estudado.

6.2.2 Evapotranspiração diária

A Figura 17 apresenta os mapas de distribuição espacial da evapotranspiração diária, obtidos por meio do algoritmo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*), para o PIMOX. Assim como o saldo de radiação, pode-se observar que os mapas de ET foram marcados pela grande variabilidade espacial, ao longo dos anos, com menores taxas encontradas nos anos de 2004 e 2009 e um aumento expressivo nos anos de 2015 e 2020. Diante disso, pode-se evidenciar para 2004 e 2009 menor ação evapotranspiratória por parte dos estratos vegetais, como os indivíduos de *P. juliflora*, responsáveis pela colonização demasiada ao longo dos

terrenos abandonados e subutilizados do PIMOX e mata ciliar (áreas de preservação permanente) pertencentes ao rio Moxotó que também margeia os terrenos agricultáveis da região.

Figura 17 - Mapas de evapotranspiração (ET) da área do PIMOX, Pernambuco



Fonte: Autor (2022).

Considerando os últimos anos, tais decorrências de acréscimo de ET contribuem para que as algarobeiras se desenvolvam e produzam em quantidade e qualidade, significativamente escalar, devido aos baixos e altos níveis de umidade, ou seja, mediante índices irregulares de precipitação em concomitância com as elevadas taxas de temperatura. Entretanto, em 2004, a distribuição espacial de ET mostrou-se com feições bem distintas entre si, com valores de mínimo chegando a 1 mm dia^{-1} e máximo de 13 mm dia^{-1} , enquanto em 2009 apresentou um comportamento com baixas taxas de ET em boa parte do território.

Pesquisas conduzidas neste mesmo segmento por Wan e Sosebee (1991) caracterizaram *Prosopis glandulosa* como “extravagante” no uso da água, enquanto Ibrahim (1992) comparou distintas espécies de *Prosopis* utilizando a água de maneira muito eficiente.

Em condições de alta umidade relativa do ar a produção de vagens de *P. juliflora* tende a decrescer, pelo fato de a polinização ficar parcialmente prejudicada com o aumento da

hidratação dos grãos de pólen, dificultando sua recepção pelos estigmas. Como consequência desse fato, em áreas muito chuvosas a algarobeira tende a produzir mais madeira do que frutos. Isso pode ocorrer no litoral úmido e nas serras, em quaisquer estados do Nordeste do Brasil (VALDIVIA, 1982; NOBRE, 1982; MIRA, 2001).

Tais discrepâncias nos valores de ET comprovam que a algarobeira presente no PIMOX, em Ibimirim, ocorre independentemente de o clima encontrar-se seco ou chuvoso, uma vez que a árvore devido a sua forte adaptabilidade ao ambiente improdutivo e/ou vice-versa possuem a aptidão de ofertar sombras frias durante todas as estações do ano. Autores como Biondi (1995) e Amador (2013) observaram que durante o verão, as árvores de *P. juliflora* funcionam como um verdadeiro ar-condicionado natural, melhorando a temperatura do ar por meio da evapotranspiração, uma vez que nas áreas onde há maior concentração de árvores tem-se menor temperatura.

Franco (2008) evidenciou que em locais de climas quentes e áridos, onde outras árvores são encontradas em pequenas quantidades, a sombra propiciada pela algarobeira é muito bem-vinda aos seres humanos e às criações, bem como outros animais e insetos. As árvores geralmente são plantadas ao redor das casas e em áreas urbanas nas regiões secas, isto devido sua sombra e a sua fácil adaptação nessas regiões.

Nobre (1982) e Mira (2001) demonstraram que pluviosidade média de 400 a 500 mm anuais, temperatura na faixa de 22 a 38 °C à sombra, com a umidade relativa do ar mantendo-se entre 45 e 70%, propiciam um desempenho vegetativo e frutífero muito bom à algarobeira. Lima (1987) descobriu correlação significativa de produção de vagens de *P. juliflora* com dados climáticos, mostrando que altas temperaturas, baixa precipitação, reduzido número de dias de chuva e baixa umidade relativa estimulam a produção de vagens. As algarobeiras crescem muito rápido, são tolerantes ao sal e podem sobreviver em áreas que apresentam índice pluviométrico em torno de 50 mm por ano (HDRA, 2002; FRANCO, 2008).

Percebe-se em um dos lotes pertencente ao PIMOX, essências de colonização de dosséis de *P. juliflora* em área de irrigação, assim como nas margens e leitos de drenos sob terrenos argilosos e úmidos em época de inverno (solos férteis), tais quais referentes ao ano de 2019, fato este que, conforme relatado anteriormente, contribui para a distribuição potencial da planta em evidência. Pasiecznik e Harris (2004), apontam que *P. juliflora* também pode resistir e sobreviver a temperaturas de até 50 °C (temperatura do ar) e 70 °C (temperatura do solo) (Figura 18).

Figura 18 - Propagação de *P. juliflora* em área de agricultura irrigada do PIMOX



Fonte: Autor (2022).

O risco potencial de invasão de *P. juliflora* aumenta com o acréscimo da temperatura das estações secas, juntamente com a alcalinidade do solo e frações de argila. Isso confirma que as terras áridas e semiáridas estão atualmente em maior risco de invasão ou expansão do que outros biomas úmidos. Além disso, os autores também constataram que as florestas tropicais e subtropicais úmidas e secas (TSMF e TSDF) têm chances moderadas de estar entre os biomas de alto risco de invasão. Há menor chance de pastagens e savanas alagadas (FGS) e manguezais entre biomas de alto risco de serem invadidos (DAKHIL *et al.*, 2021).

O ano de 2015 foi marcado por valores de evapotranspiração acima de 5 mm dia⁻¹ e em 2020 com taxas de evapotranspiração acima de 10 mm dia⁻¹. Apesar dessa variabilidade, vale observar que o PIMOX, em Ibimirim, em toda a série, apresentou altas taxas de

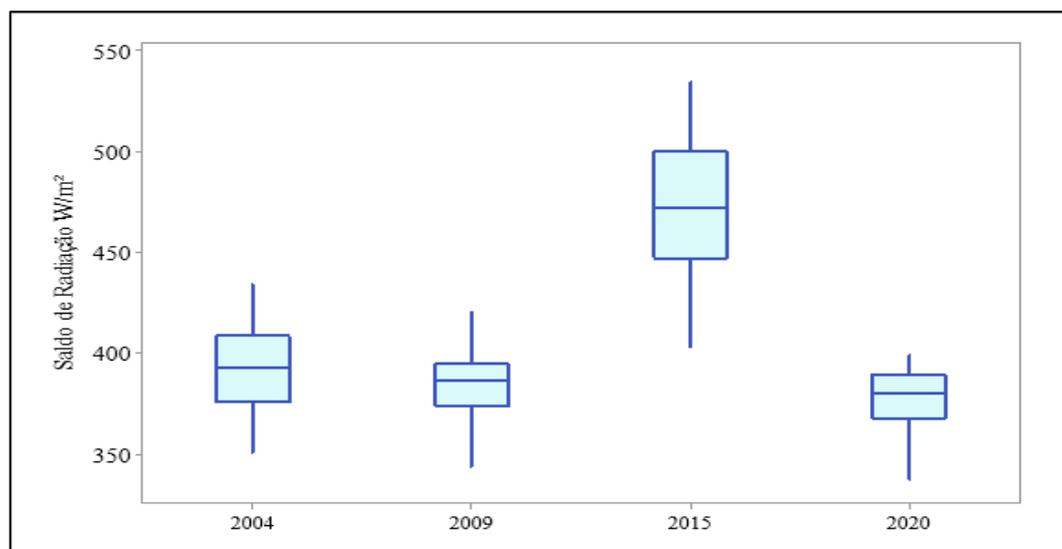
evapotranspiração, o que era esperado de uma região ativamente agrícola enquanto o corpo hídrico do reservatório Poço da Cruz, apresentou pixels com valores “na data”, tendo em vista que não foi possível obter valores reais para água pelo método aplicado. E em alguns pontos nas imagens, pode-se observar valores sem dados, que muito provavelmente se deve à presença de nuvens.

No geral, analisando os mapas (Figura 17), percebe-se que existe diferença visual entre as estimativas, visto que o intervalo temporal é longo e permitiu mudanças nos padrões de evapotranspiração, principalmente quando são observadas e comparadas as médias registradas no período seco do semiárido (setembro), mês em que se dá início a floração de indivíduos de *P. juliflora* frequentemente mais jovens.

Por fim, a variação espacial da ET observada em cada um dos mapas pode ser explicada pelas diferentes superfícies presentes na paisagem do semiárido (caatinga de vegetação baixa e densa, pastagem, solo exposto, áreas irrigadas com diferentes tipos de culturas, cursos d’água, campos invadidos moderadamente ou densamente por *P. juliflora*, entre outros), além da variabilidade anual do volume de chuvas.

Para entender melhor a variação anual do saldo de radiação (Rn) e da evapotranspiração (ET), a Figura 19 e a Figura 20 apresentam os gráficos *boxplots* observados nos pontos amostrais no PIMOX.

Figura 19 - Boxplots Saldo de Radiação do PIMOX



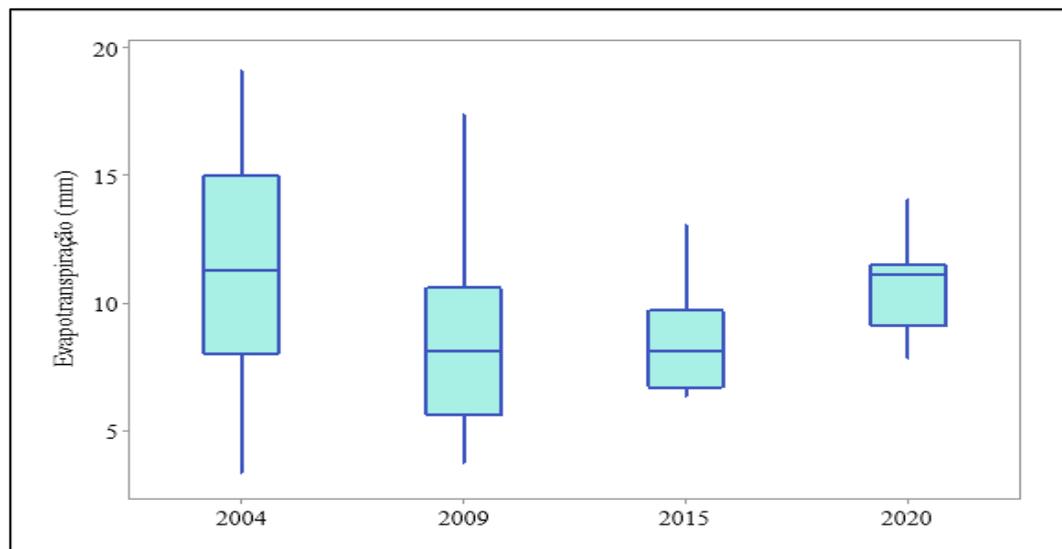
Fonte: Autor (2022).

Observa-se nos *boxplots* acima que os anos 2004 e 2009 tiveram baixa variação entre as medianas (2004: 23,17) (2009: 26,83), embora 2004 ter apresentado maior dispersão amostral em relação a 2009, com Intervalo Interquartil (AIQ) (2004: 32,9) (2009: 21,11) porém baixa

variação de desvio padrão (2004: 23,17) (2009: 26,83). Em 2015 houve um pico significativo de mediana ($472,97 \text{ W m}^{-2}$), com um aumento de 20% em relação ao ano de 2009 e, além disso, apresentou maior desvio padrão (2015: 33,38) e AIQ (2015: 52,86) de toda a série em estudo.

O ano de 2020 apresentou alta homogeneidade entre os dados, com o menor valor registrado de desvio padrão (2020: 17,16) e a menor mediana da série (2020: 375,68). O comportamento discrepante visto no ano de 2015 pode estar relacionado ao baixo volume de chuvas registrado neste ano, com precipitação total de 238,5 mm, enquanto os anos de 2004, 2009 e 2020 registraram precipitação total no entorno entre 700 ~ 800 mm.

Figura 20 – Boxplots da evapotranspiração do PIMOX, Pernambuco



Fonte: Autor (2022).

A evapotranspiração nos pontos amostrais não apresentou variações importantes entre os anos, com medianas variando entre (8~11 mm), entretanto apresentou disparidade importante com altos valores de desvios padrões, variando entre 2~4 mm e AIQ significativos entre si. Em 2004 tem-se o maior desvio padrão (4,1) e AIQ (7,0) do conjunto, além da maior mediana (11,3 mm). Os anos de 2009, 2015 e 2020 não apresentaram variações de valores de desvio padrão (~ 2 mm), mas somente os anos de 2009 e 2015 mostraram valores idênticos de mediana (8,0 mm e 8,7 mm, respectivamente).

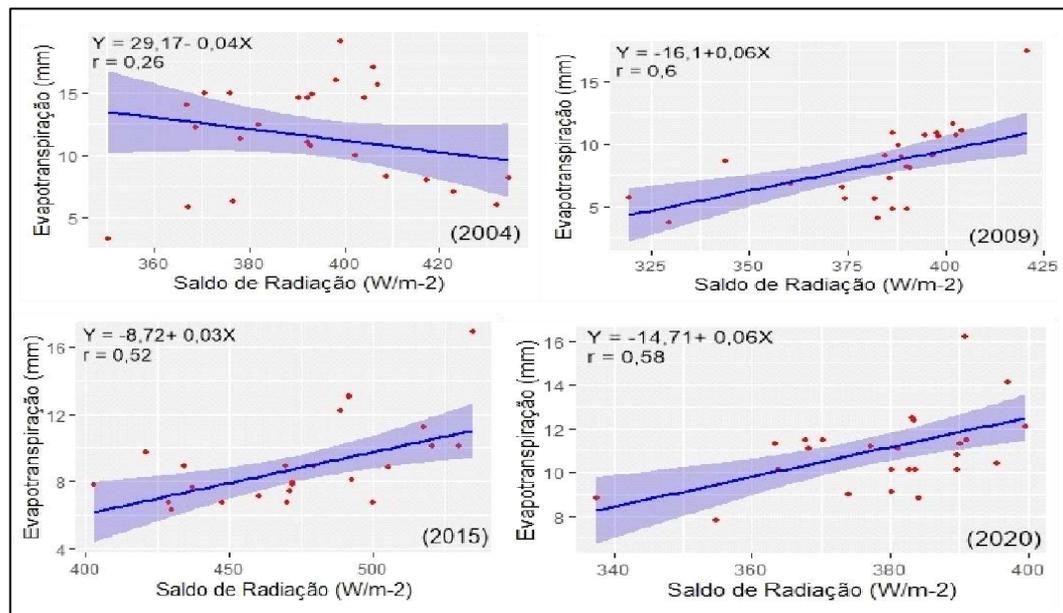
Esse aumento da dispersão dos dados verificado pelo afastamento da mediana e quartis para o ano de 2004 pode ser interpretado como absorção diferenciada de água entre as culturas e a variação das propriedades hidráulicas do solo, bem como dos estratos arbóreos da invasora *P. juliflora*, podendo haver locais com teores diferentes de água armazenada.

Percebeu-se ainda que, em todos os anos, as maiores taxas de evapotranspiração estão relacionadas aos meses mais quentes do ano (setembro a dezembro), época que se inicia a floração em árvores de *P. juliflora*. Este resultado pode ser explicado pelas características climáticas da região, em que as temperaturas médias e a radiação solar são mais intensas no mês citado, chegando a atingir em média 33,5 °C.

6.2.3 Regressão Linear

A Figura 21, mostra a Regressão Linear entre a Evapotranspiração (independente) e o Saldo de Radiação (dependente) utilizando os pontos coletados em campo via GPS Etrex 10 da marca Garmin com a informação de intervalos de confiança, coeficiente linear e angular da reta e o Coeficiente de Correlação (r).

Figura 21 - Regressão linear entre a evapotranspiração e o saldo de radiação para os pixels dos pontos GPS coletados no PIMOX em áreas de algarobas



Fonte: Autor (2022).

Os gráficos acima mostram pontos bastante dispersos da linha normal, com valores de correlação sem variações importantes entre os anos e coeficientes angulares próximos a 0. Embora que somente em 2004 tenha havido uma diminuição do coeficiente de correlação e coeficiente angular negativo, mostrando uma característica de proporcionalidade inversa, confirmando as estimativas encontradas nos gráficos *boxplots* das Figura 19 e 20.

A tendência observada nos gráficos de Regressão Linear provavelmente ocorreu porque o aquecimento das folhas, decorrente da absorção da radiação solar, aumenta a diferença de pressão de vapor d'água entre o dossel da vegetação e o meio, que é similar ao déficit de saturação de vapor entre as folhas e o ar adjacente.

Esses dois fatores combinam com a forte associação da radiação solar com a temperatura e umidade relativa do ar no interior da estufa, resultando na tendência linear esperada, comportamento também visto em Dalmago *et al.* (2006). No geral, as variáveis Evapotranspiração e Saldo de Radiação apresentaram uma relação moderada e sensível.

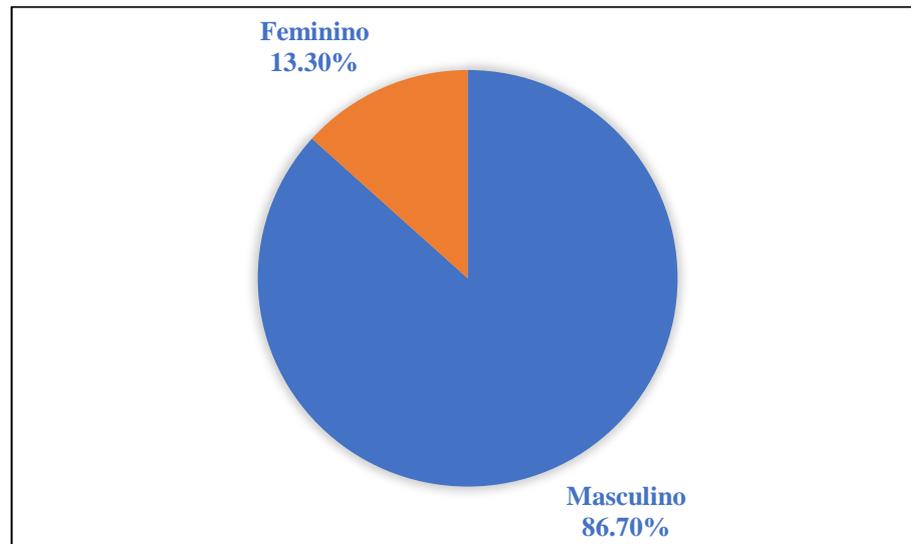
6.3. PERCEPÇÃO AMBIENTAL DOS AGRICULTORES DO PIMOX SOBRE A ALGAROBEIRA

6.3.1 Características socioeconômicas e demográficas dos entrevistados

Conforme detalhado no percurso metodológico adotado para esta investigação, foram verificadas as percepções de 30 agricultores familiares (colonos irrigantes) acerca da propagação da espécie *P. juliflora* na extensão do perímetro irrigado em comento. Os dados apresentados são relativos às percepções daqueles que de fato desempenharam atividades laborativas até a data da execução dos referidos questionamentos. Pasiecznik (2001) e Dubow (2011) salientam que as percepções dos povos sobre espécies invasoras são determinadas pelo fato de a espécie atender ou não suas necessidades socioeconômicas.

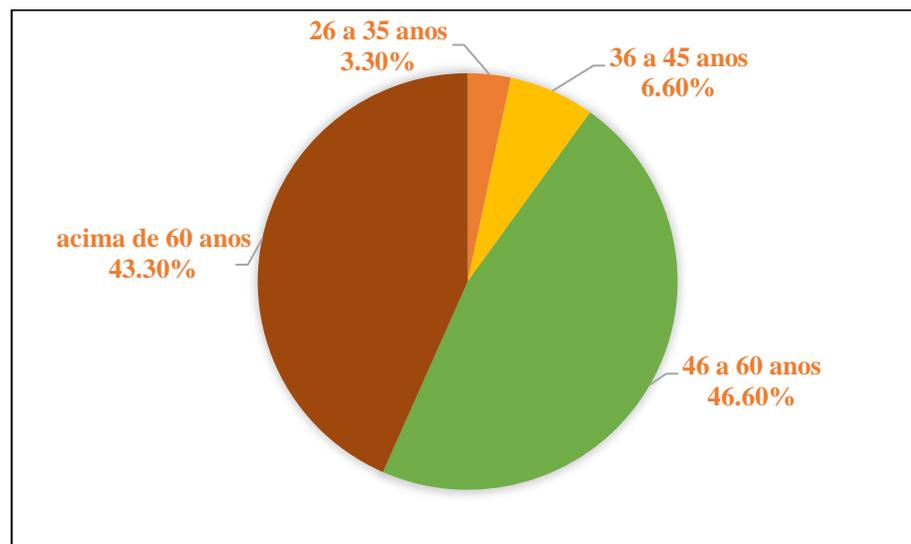
Primeiramente, levando-se em consideração os gráficos da Figura 22 e Figura 23 pode-se afirmar que os chefes de família ou proprietários de terras entrevistados são em sua maioria do sexo masculino, sendo representados pelo percentual de 86,70%, enquanto o sexo feminino totaliza apenas e 13,30%. A faixa etária que mais se repercutiu foi a de indivíduos que tinham entre 46 e 60 anos, com percentual de 46,60%.

Figura 22 - Gênero dos agricultores entrevistados na pesquisa



Fonte: Autor (2022).

Figura 23 - Faixa etária dos agricultores entrevistados na pesquisa

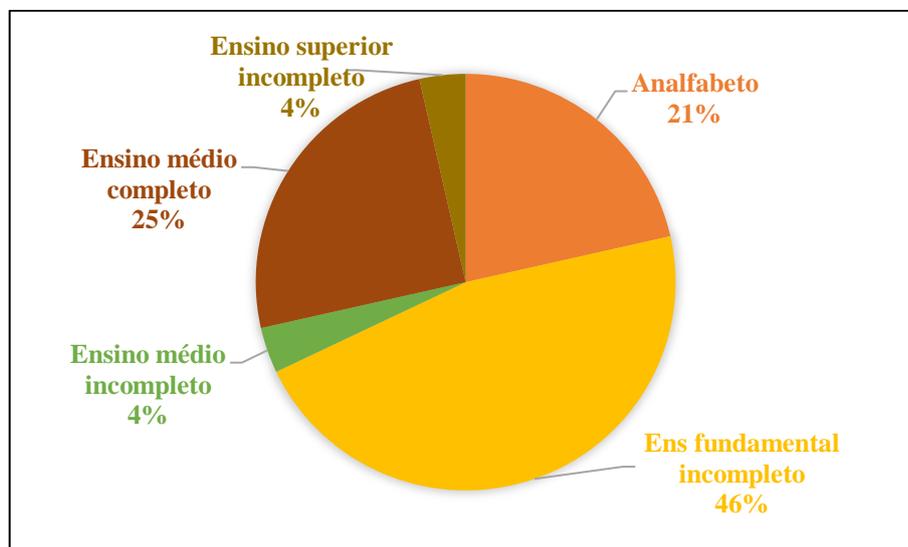


Fonte: Autor (2022).

Vislumbra-se por meio da Figura 24, que os agricultores irrigantes do PIMOX tiveram baixo índice de qualidade de educação, com quase metade dos entrevistados (46%) não tendo educação formal, ou seja, não conseguiram completar o ensino fundamental a tempo hábil, ficando desinformados ou incapacitados acerca de conhecimentos mais técnicos relativos ao desempenho de seus ofícios, no âmbito, principalmente, da agricultura irrigada, que na atualidade exige desses profissionais maiores cuidados com a mãe-terra. Pois, sabe-se que são necessárias noções de assuntos como adubação, visando uma melhor qualidade dos solos, manejo e gestão de águas, controle biológico de espécies daninhas e pragas, uso de EPIs,

cuidados com o uso e manuseio, segregação e destinação de embalagens de agrotóxicos (resíduos sólidos agrossilvipastoris), entre outros.

Figura 24 - Nível de educação (escolaridade) dos entrevistados



Fonte: Autor (2022).

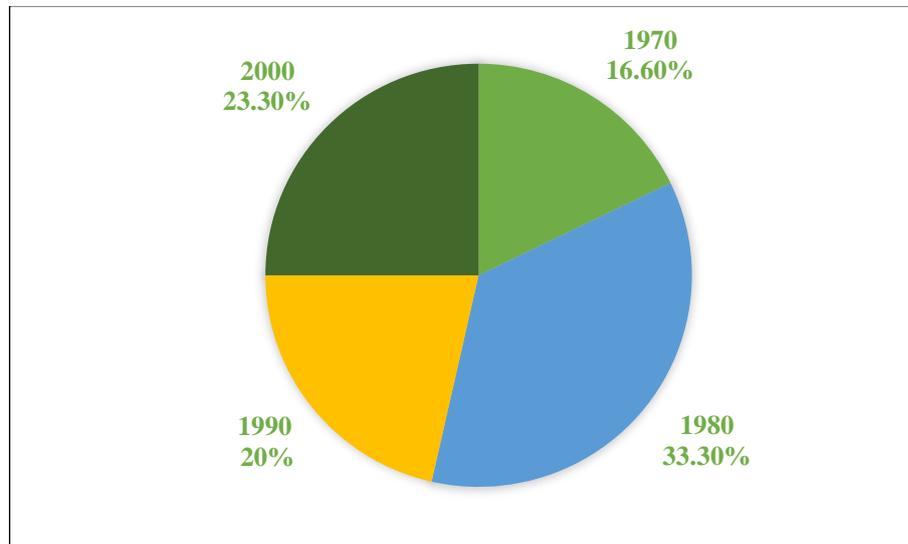
A maior parte dos entrevistados (70,70%) não são donos ou proprietários das terras, ou seja, cultivam as terras apenas na condição de arrendatários, posseiros e meeiros na extensão do PIMOX. Tais dados comprovam que as dificuldades, como por exemplo, o mau uso, manejo e gestão das águas do açude, provocados pelos fatores antropogênicos e acontecimentos naturais, como fortes secas, aliadas ao alto-custo dos insumos para a produção agrícola, colonização elevada de *P. juliflora*, entre outros problemas, impedem tais irrigantes de permanecerem cultivando nas suas terras.

Constatou-se que 33,30% dos agricultores entrevistados passaram a ocupar o PIMOX principalmente na década de 1980, sendo este um percentual expressivo em relação às demais décadas de estabelecimento (Figura 25). Esse processo de ocupação deu-se em consequência da maior preservação e conservação dos recursos naturais, sobretudo do bioma caatinga no entorno do perímetro irrigado, associado aos altos índices de precipitação para manutenção da vazão dos recursos hídricos do açude Poço da Cruz.

Com isso, houve-se uma alta implementação de políticas públicas focadas na agricultura irrigada naquela época, maior facilidade de acesso à recursos financeiros pelos agricultores para investimentos nas atividades agropastoris em suas propriedades.

Um menor percentual de estabelecimento pelos agricultores entrevistados, deu-se na década de 1990, devido à carência de chuvas, principalmente no ano de 1993, época em que se sucedeu uma das maiores secas do Nordeste brasileiro (Figura 25).

Figura 25 - Décadas de ocupações dos agricultores nos terrenos do PIMOX



Fonte: Autor (2022).

Paralelo a isso, houve também os iniciais incrementos da árvore *P. juliflora* no PIMOX. De acordo com o entrevistado Ent. 013, os primeiros vestígios incidem-se dessa forma:

Eu não estou bem lembrado do ano em que começou, mas quando eu cheguei aqui não tinha um pé de algaroba dentro dessa vagem não, depois é que foi criando. Em 1985 já tinha algaroba, já foi criando aí foi aumentando, porque tem canto aí que tem muita área de algaroba, muito mesmo. Em 1985 já estava criando uns pés de algaroba, porque quando cheguei aqui era contado os pés de algaroba que tinham e nas vagens não tinha porque a vagem era toda coberta com outra madeira, árvore, quando foi feita os lotes (Ent. 013, 30 jun. 2020).

A pergunta sobre o histórico da implantação da algaroba, deu-se em virtude de que para esta investigação além dos aspectos socioeconômicos e demográficos, corroborados anteriormente, buscou-se compreender o conhecimento dos agricultores irrigantes acerca do histórico, atividades e usos em analogia à *P. juliflora* na extensão do PIMOX. Portanto, quando interrogados a respeito da existência da árvore em suas propriedades, a maioria das respostas foi que a colonização da algarobeira nos lotes do perímetro irrigado, deu-se desde antes de 1985 e entre os anos de 1985 e 1995, respectivamente.

6.3.2 Nuvem de palavras a partir de análises de sentimentos no ATLAS-ti

A nuvem de palavras no ATLAS-ti nos oferece uma oportunidade de reflexão a respeito do tema proposto para investigação deste trabalho (SILVA; SOBRINHO; FELICIO, 2020). Neste contexto, objetivando envolver, de maneira mais compreensiva, os significados e

aspectos característicos da invasão de *P. juliflora* no PIMOX, considerou-se de extrema acuidade começar a apreciação a partir das gravações das falas dos agricultores público-alvo da pesquisa. Os informes acerca do cenário universal da propagação da espécie, bem como dos seus impactos admitiu determinadas deduções e admirações.

Devido a simplicidade das perguntas, os agricultores ficaram mais aconchegados para expor as problemáticas, entendimentos e anseios, uma vez que, conforme autores como Maitre, Reyers e King (2002), assim como em sequência Wise, Wilgen e Maitre (2012), percepções sobre a espécie *P. juliflora* também podem ser fortemente influenciados pela abundância de invasão. À medida que a abundância aumenta, os custos associados aumentam, e os benefícios se reduzem devido a questões como a acessibilidade de recursos.

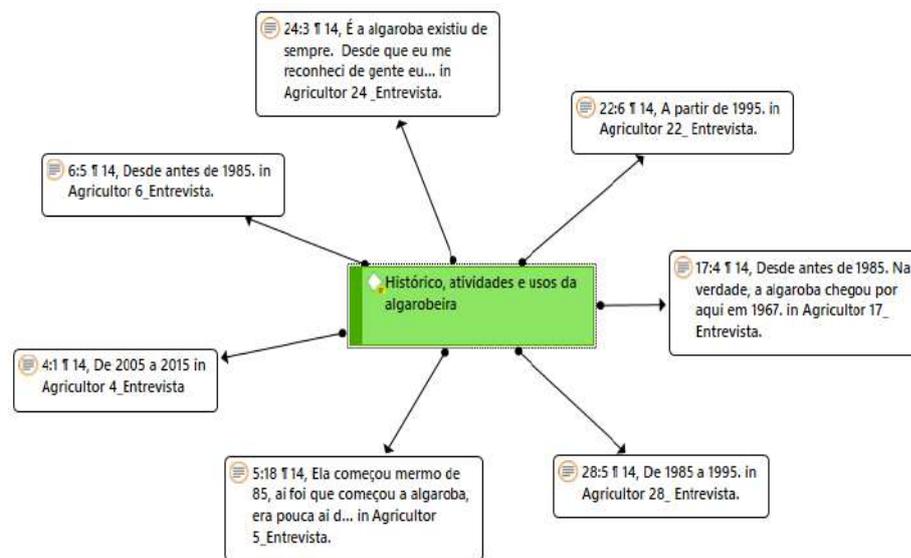
A partir da magnitude das citações, uma vez que para contornar uma "marcação" constante no ATLAS.ti necessitamos cuidadosamente criar uma citação constante nos referidos grupos de códigos, foram gerados uma co-ocorrência de códigos, dos quais, optou-se por gerar nuvens de palavras oriundas de um quantitativo de dois grupos: i. Sentimentos positivos – bloco A e B e; ii. Sentimentos negativos – blocos A e B, que fazem menção ao histórico, atividades e usos, e ainda impactos ambientais, manejo e métodos de controle de *P. juliflora* no PIMOX.

Neste sentido, o termo que mais se repercutiu ou apareceu em evidência como sentimento negativo, referente aos dois blocos, dentro da nuvem de palavras, foi a expressão “destruição” (Figura 26), dando o entendimento de que a referida árvore é capaz de provocar destruições em canais de irrigação. Este foi o efeito negativo mais observado pelos agricultores a respeito da invasão da árvore nos lotes do PIMOX. Visando garantir o sucesso das análises para esta aplicação, não foram levadas em consideração, para fins de contagem, os verbos, artigos, advérbios, dentre outros.

esquemático e confeccionado um gráfico de redes cujo desígnio foi demonstrar a ligação existente entre a família do código.

Neste seguimento, a rede confeccionada no *software* ATLAS.ti, exhibe um código em um cofre e a cada cofre estão intimamente conexas às citações adequadas para aquele código central, conforme encontra-se ilustrado na (Figura 28).

Figura 28 - Rede de categorias elaborada para representação do código histórico, atividades e usos de *P. juliflora*, PIMOX, Ibimirim.



Fonte: Autor (2022).

Assim, a rede construída representa a família do código “histórico, atividades e usos da algarobeira”, sendo esta a denominação do bloco A do formulário de coleta de dados, e todas as citações apontadas nos relatos de experiência dos 30 agricultores entrevistados estão unidas aos códigos pelas setas. Essa ligação entre os códigos de palavras, forma-se o que pode ser usualmente apelidado de teia, pelo fato de se ligar uma informação a outra.

Segundo Queiroz e Cavalcante (2011) essa teia permite a visualização de todas as ações realizadas pelos sujeitos da pesquisa e torna-se possível fazer um paralelo entre elas, identificando quais as ações que prevalecem quanto ao modo como as mídias foram usadas por eles.

Na rede em evidência, também é perceptível a quantidade de vezes em que foi descrito, pelos entrevistados, a chegada da árvore no PIMOX. A frequência das respostas pode ser observada no Quadro 4.

Quadro 4 - Locais de ocorrência e histórico da *P. juliflora* no PIMOX, Pernambuco

LOCAIS DE OCORRÊNCIA		HISTÓRICO			
Respostas	Frequência	Chegada		Propagação	
		Respostas	Frequência	Respostas	Frequência
Matas ciliares	22				
Áreas agrícolas irrigadas	15	Antes de 1985	10	Aumentou	30
Áreas de pastagens	13	De 1985 a 1995	8	Diminuiu	0
Áreas de caatinga preservada	6	De 2005 a 2015	3	Sem alterações	0
Áreas agrícolas de sequeiro	12	De 2016 a 2020	0		
Margens e leitos de drenos	24	Não existem algarobeiras	1		
Áreas de caatinga alteradas	7	Outras	8		

Fonte: O Autor (2022).

A maioria das respostas dos entrevistados, no que se refere ao histórico da algarobeira (Bloco A), aponta para a chegada da *P. juliflora* no PIMOX no período “antes de 1985”, sendo esta, a data que mais se repetiu, conforme já discriminado por meio da rede de categorias do ATLAS-Ti, seguida pelo período “de 1985 a 1995” (Quadro 4). Porém, um dos entrevistados expôs que em 1967 já existia árvores desta espécie na extensão do perímetro irrigado.

Quanto à propagação de árvores *P. juliflora*, tendo em vista as percepções do público-alvo deste estudo, pode-se perceber que sofreu um aumento nos últimos anos, segundo afirmativa dos 30 entrevistados, principalmente nas áreas degradadas e subutilizadas para as atividades de irrigação, e margens do Rio Moxotó (Quadro 4).

Entretanto, quando se pergunta se o tipo de solo e as atividades de agricultura irrigada desenvolvidas no PIMOX contribuem ou influenciam na infestação da algarobeira, 28 dos entrevistados disseram que “sim” ou “mais ou menos”. Acerca do aumento da infestação da árvore no PIMOX, tem-se réplicas como do entrevistado 005, a seguir:

Ela só aumentou, ela não tem diminuição, ela só aumentou. Cada mais um ano de chuva, mas ela aumenta, que de dois em dois anos ela já dar madeira. Já dar madeira e com dois anos ela já está safreando. Ela começo safrejar ela já tem madeira. Ela é muito rápida (Ent. 005, 12 jun. 2020).

Para fins de complementação e uma melhor compreensão das informações prestadas pelos agricultores acerca das atividades e usos da algarobeira, além dos impactos ambientais provocados pela referida árvore no PIMOX, Ibimirim, foi esquematizado, por meio do Quadro 5, as percepções dos entrevistados acerca dessas questões.

Quadro 5 - Percepção ambiental dos agricultores sobre os impactos de *P. juliflora* no PIMOX, Pernambuco

ATIVIDADES E USOS DA ALGAROBEIRA		IMPACTOS AMBIENTAIS	
Respostas	Frequência	Respostas	Frequência
Alimentação para o rebanho	26	Morte de animais	30
Alimentação humana	0	Destruição de canais de irrigação	27
sombreamento	25	Infestação de espinhos	22
Polinização de abelhas	5	Dificuldade no uso e manejo do solo	14
Uso da madeira	27	Diminuição de pastagens	29
Uso medicinal	0	Desaparecimento e diminuição de espécies nativas	8
Uso de serrapilheira	1	Escassez de águas subterrâneas	12
controle da salinização do solo	2	Estrago e destruição de cisternas	22

Fonte: O Autor (2022).

Constatou-se que as árvores de *P. juliflora* servem para múltiplas finalidades junto aos agricultores do PIMOX, dentre as quais avultam-se alimentação por meio de suas vagens para animais bovinos, ovinos e caprinos. Porém, faz-se imperativo ressaltar que quando essas vagens são ingeridas de modo demasiado por um longo período de tempo causa problemas ao bem-estar e morte no animal, conforme discriminado pelos próprios agricultores entrevistados.

Gama e Amador (2011) em Monteiro – PB, notaram que também se pinça a informação do bom desempenho da produção de vagens e alimentação dos animais, salientando que se precisa providenciar uma educação ambiental para sanar problemas com o próprio rebanho e a natureza em si. Além disso, também no PIMOX, pode-se descrever sombreamento, utilização da madeira, entre outros. Um quantitativo de 30 agricultores entrevistados, também expuseram que a árvore em evidência tem capacidade de surtir efeitos em termos de melhoramento dos solos logo após invasão (Quadro 5).

É perceptível que os impactos positivos oriundos da invasão da *P. juliflora* no PIMOX, se excedem em relação aos impactos negativos, principalmente no que se refere a finalidade dos recursos florestais da espécie, bem como quanto a propagação das árvores nos terrenos (lotes) do perímetro irrigado em estudo.

Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Santos (2015). O autor no Estado do Rio Grande do Norte, obteve, com a execução da pesquisa campal sobre a utilização dos recursos da espécie, respostas que demonstraram que 100% das propriedades visitadas utilizam

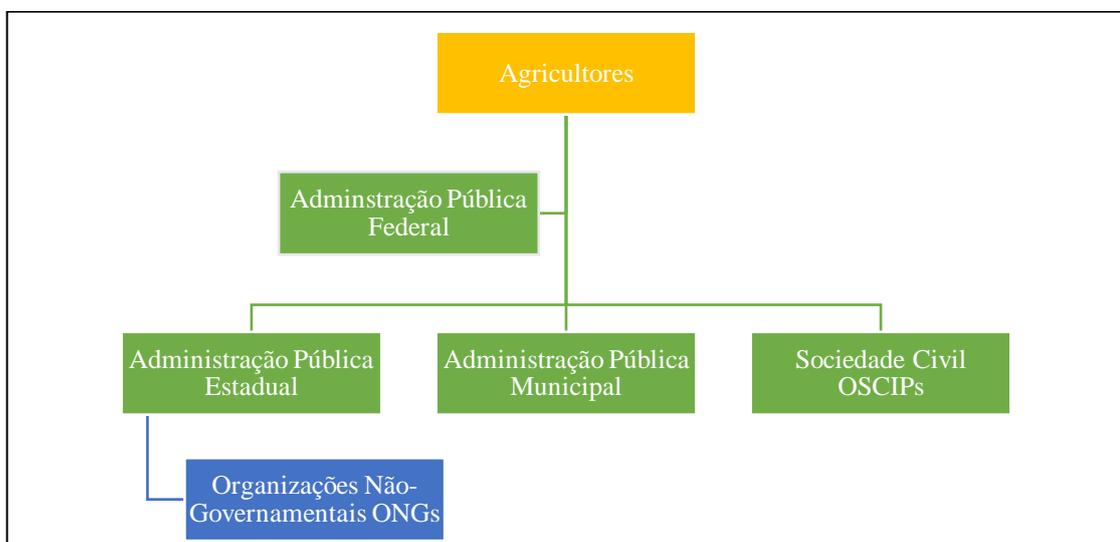
produtos retirados da árvore para alguma finalidade. Enquanto Franco (2008), na Paraíba, em sua pesquisa, verificou que 68% dos entrevistados no cariri paraibano utilizam a vagem da algaroba como ração animal.

6.4 ANÁLISE DAS PARTES INTERESSADAS – *STAKEHOLDERS*

Em inglês, *stake* significa interesse, participação, risco. *Holder* significa aquele que possui. Assim, *Stakeholder* também significa parte interessada ou interveniente. É uma palavra em inglês muito utilizada nas áreas de comunicação, administração e tecnologia da informação, cujo objetivo é designar pessoas e grupos mais importantes para um planejamento estratégico ou plano de negócios, ou seja, as partes interessadas (AGUIAR, 2019). De acordo com Linders *et al.* (2021), embora os impactos ecológicos do gênero *Prosopis*, em propriedades e serviços de ecossistemas individuais sejam bem descritos, menos se sabe sobre como essas mudanças ecológicas afetam o abastecimento de vários serviços ecossistêmicos para as comunidades locais e como a invasão impacta diferentes grupos de partes interessadas.

Neste estudo, foram identificadas organizações, grupos e indivíduos interessados ou afetados direta ou indiretamente pela colonização e no gerenciamento da invasiva ao longo dos terrenos irrigados e sequeiros do PIMOX, conforme delineado em esquema de fluxograma das partes interessadas na árvore a seguir (Figura 29). Foi possível constatar falta de discernimento e de assistência técnica junto aos agricultores daquela localidade em relação ao manejo e gestão hábil de *P. juliflora* nos trechos que cobrem a região.

Figura 29 - Fluxograma dos *stakeholders* da algarobeira presentes no PIMOX



Fonte: Autor (2022).

Mediante o exposto, além dos agricultores, público-alvo desta pesquisa, foram identificadas diferentes partes interessadas e envolvidas no tema alusivo à colonização e gestão dos estratos oleaginosos e arbustivos de *P. juliflora*, afinal, órgãos pertencentes à administração pública (Federal, Estadual e Municipal), Organizações da Sociedade Civil (OSCIPs) e Organizações Não-Governamentais (ONGs).

6.4.1 Stakeholders da Administração Pública Federal

Na administração pública Federal, pôde-se averiguar, mediante consultas ao histórico de inserção da invasora nos terrenos áridos e semiáridos do Nordeste brasileiro, interesses formidáveis em *P. juliflora*, uma vez que, conforme assinala Santos (2015), em 1959, o então Presidente do Brasil, Juscelino Kubitschek, considerando a necessidade de um programa de desenvolvimento econômico que melhorasse as condições do nível de vida das populações nordestinas, promulgou o Decreto 46.363. Essa lei implementou medidas necessárias e deu outras providências relacionadas ao desenvolvimento do cultivo de forrageiras no Nordeste, especialmente a *P. juliflora*. Dessa forma, a política de incentivo ao plantio da algaroba ganhou força e continuou a ser implementada no Nordeste (SANTOS, 2015).

Com viés de atuação e compreensão das causas e consequências dos serviços prestados pela invasora *P. juliflora*, tem-se a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE; a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa; o Centro Nacional de Pesquisa de Solos - Embrapa Solos; a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba – CODEVASF; a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM; a Agência Nacional de Águas – ANA; o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade – INCTSal; o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis – IBAMA; e a Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

Outrora e presentemente é imprescindível destacar o papel do DNOCS, órgão este responsável pela construção e gestão do Açude Engenheiro Francisco Sabóia (Poço da Cruz), em Ibimirim, considerado o maior do estado de Pernambuco em termos de volume de água. O DNOCS é o pioneiro na mobilização, divulgação e admissão de *P. juliflora* nos terrenos do PIMOX. Servidores públicos do órgão e moradores do Distrito de Poço da Cruz relataram a sua contribuição neste sentido na região do Moxotó durante a década de 1970, mais especificamente no ano de 1978.

A dispersão de *P. juliflora* deu-se pela distribuição de mudas por intermédio de projetos que tinham como propósito a promoção de políticas públicas direcionadas a melhorias na

qualidade de vida do agricultor e homem do campo como, por exemplo, o “Projeto Sertanejo”, com grande popularidade naquela ocasião. Engenheiros do DNOCS foram encarregados de distribuir quantitativos expressivos de mudas junto aos colonos (agricultores) empossados no PIMOX.

Entre 1979 e 1984, instituições, como a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e as Empresas de Assistência Técnica e Extensão Rural dos Estados (EMATER's), promoveram campanhas para incentivar os plantios de algarobas no Nordeste. Estima-se que foram implantados cerca de 90 mil hectares de *P. juliflora*, com maiores proporções de plantio nos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco (REIS, 1985; SANTOS, 2015).

Além do DNOCS e outros órgãos anteriormente citados de extrema relevância durante este processo, tem-se o IBAMA, uma autarquia pública federal atuante na fiscalização, controle e licenciamento de atividades que possam de alguma forma causar danos e impactos ao meio ambiente. Apesar de pouco conhecimento por parte da população sertaneja acerca do seu objetivo e competências, o IBAMA exerce um papel primordial na gestão e controle de *P. juliflora* no semiárido brasileiro, uma vez que a sua ocorrência e exploração desobriga a retirada e, conseqüentemente, minimiza e abranda possíveis efeitos de degradação e desertificação sobre os recursos florestais do bioma caatinga, sendo este um dos impactos favoráveis de ocorrência da planta na região.

6.4.2 Stakeholders da Administração Pública Estadual

A Administração Pública Estadual possui interesses valorosos mediante a colonização da planta invasora *P. juliflora*, por meio da Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco -SEMAS/PE; Agência Estadual de Águas e Climas de Pernambuco – APAC; Companhia Pernambucana de Meio Ambiente – CPRH; Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA; Fundação Instituto Tecnológico de Pernambuco – ITEP; Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Pernambuco – EMATER-PE; Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária de Pernambuco – ADAGRO.

Dentre estes é cabível destacar com anseios neste tema, o Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, pertencente à administração direta do estado, criado em 1935, que tem como missão cooperar para o desenvolvimento rural e sustentável do estado, mediante performances de modo interligado na geração de tecnologia, nas ações de assistência técnica e

extensão rural, com atenção prioritária aos agricultores de base familiar. Segundo a literatura o IPA foi órgão responsável pela admissão das primeiras sementes e cultivo de *P. juliflora* no Nordeste do Brasil, na base extensiva de Serra Talhada, mesmo em meio de discursos favoráveis e adversos, tanto da parte da sociedade civil como de representantes do próprio poder público.

A Companhia Pernambucana de Meio Ambiente – CPRH instituído pela Lei N° 12.505, de 16 de dezembro de 2003. Criou o Quadro de Servidores e Empregados e trata-se de um órgão seccional inserido na estrutura do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, instituído pela Política Nacional de Meio Ambiente – Lei 6.938/1981 (BRASIL, 1981), que tem como função a devida fiscalização, gerenciamento e controle dos recursos naturais no Estado. A CPRH age com viés na sustentabilidade e na melhoria da qualidade de vida das gerações presentes e futuras, possuindo árduo empenho em relação ao manejo florestal e gerenciamento de estratos florestais de *P. juliflora*.

As práticas de infração ambiental em torno da extração irregular de espécies nativas da caatinga no estado de Pernambuco, sobretudo ao longo do PIMOX, em Ibimirim, de certo modo nos últimos anos foram bastante reduzidas devido a propagação, e conseqüentemente, exploração extrativista de *P. juliflora* pelos agricultores. A introdução da algarobeira em consonância com a criação de unidades de conservação (UCs) no estado, permitiram intervenções na devastação e degradação ambiental de grandes extensões do bioma caatinga para comercialização de lenha e madeira para fins de consumo energético nas fábricas de produtos alimentícios e de materiais de construção como carvoarias, olarias, cerâmicas, padarias, dentre outros.

A Agência de Fiscalização Agropecuária de Pernambuco – ADAGRO, também possui amplos interesses na espécie invasora *P. juliflora*, uma vez que esta tem como encargo desempenhar as atividades de inspeção, fiscalização e defesa agropecuária no que se refere ao controle e assistência veterinária no que tange ao uso forrageiro das vagens (cápsulas amarelas) oriundas da árvore.

As vagens são costumeiramente aproveitadas pelos agricultores e pecuaristas como alimento e suplemento forrageiro para sobrevivência e engorda de animais, principalmente bovinos e ovinos durante o período de estiagem, e quando fornecida ao animal em quantidade demasiada, tendem ao aparecimento de certas doenças, conforme veremos mais detalhadamente adiante ao longo deste documento.

6.4.3 Stakeholders da Administração Pública Municipal

Na esfera municipal são consideradas como partes interessadas na invasão, manejo e gestão de *P. juliflora*, o desempenho das prefeituras municipais de Ibimirim e Inajá, uma vez que o perímetro irrigado abrange as duas circunscrições. Essas jurisdições atuam em todos os segmentos agropastoris, junto da sociedade campezina, dentre eles, obras de infraestrutura hídrica de abastecimento, extensão técnica rural na agricultura de sequeiro e irrigada para fins de renda e subsistência das comunidades locais, fiscalização ambiental, distribuição de sementes em parceria com outras instituições de renome, e dentre outros, por meio das suas respectivas secretarias de agricultura e meio ambiente, atuando também concorrentemente em atividades em prol do controle da propagação da referida planta nos terrenos do PIMOX.

Tais anseios pelos bens ambientais, serviços ecossistêmicos do bioma caatinga e serviços prestados pela planta invasora *P. juliflora*, foram confirmados em consultas minuciosas junto a instrumentos normativos jurisdicionais como a lei orgânica do município de Ibimirim promulgada em 05 de abril de 1990 e do Plano Diretor Participativo do município instituído através da Lei Complementar nº 01/2019.

O artigo 80, inciso VI, da Lei Orgânica de Ibimirim trata o meio ambiente com apreço pela qual designa que se deve “proteger a flora e a fauna, vedadas na forma da lei as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provocando a extinção de espécies ou submetam animais à crueldade”.

O parágrafo 2º, da subseção sobre o Meio Ambiente, também aponta que “as matas do território municipal ficam sob a proteção do município e sua utilização far-se-á na forma da lei dentro das condições que assegurem a preservação do meio ambiente inclusive quanto ao uso dos recursos naturais” (IBIMIRIM, 1990).

Corroborando o Plano Diretor de Ibimirim, Lei Complementar nº 01/2019, enaltece a importância da preservação dos recursos naturais através do seu capítulo II, artigo 2º, inciso V, expondo como um dos seus objetivos “a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente”.

Os empenhos pelos estratos florestais da algarobeira nas áreas irrigáveis do PIMOX, também foram revelados por autores como Salin (2010), que destacou que a permanência de parte dos agricultores nesta localidade foi possibilitada pela oferta de produtos florestais, proveniente principalmente das reservas de *P. juliflora* do perímetro irrigado.

Vasconcelos (2009), constatou que durante o período do início da década de 1990 até 2004, o extrativismo da madeira de algaroba, também evidenciado no ano 2020 e 2021,

simultaneamente, durante a condução deste estudo (Figura 30 - Extrativismo de lenha de algarobeiras no PIMOX e Figura 31 – Carga de lenha de algarobeiras pronta para o comércio), para fazer carvão e da agricultura de sequeiro aliada a criação de gado, passou a predominar nos lotes rurais, enquanto a economia urbana sobrevive da aposentadoria.

Figura 30 - Extrativismo de lenha de algarobeiras no PIMOX



Fonte: Autor (2022).

Figura 31 – Carga de lenha de algarobeiras pronta para o comércio



Fonte: Autor (2022).

Araújo *et al.* (2006) verificaram que na bacia do Submédio São Francisco, encontra-se o principal polo de exploração de algaroba do país, principalmente nos municípios baianos de Abaré, Juazeiro e Jeremoabo, e nos municípios pernambucanos de Belém do São Francisco, Ibimirim e Inajá. Santos, Moura e Pereira (2019), também evidenciaram plantas de algarobeira

com bom desenvolvimento, tanto em termos de tamanho, quanto de cor (bem verde), em período de floração, provocando sombreamento e diminuição do desenvolvimento de um plantio de milho irrigado por sistema de gotejamento no PIMOX, Ibimirim (PE), no ano de 2013.

6.4.4 *Stakeholders* das Organizações da Sociedade Civil (OSCIPs) e Organizações Não-Governamentais (ONGs)

Neste segmento há de se considerar entidades como a Associação dos Produtores Rurais Irrigantes do Vale do Moxotó (UNIVALE); Serviço de Tecnologia Alternativa – SERTA; Associação Umburanas do Vale do Moxotó – ASSUVAM; Associação dos Apicultores de Ibimirim – ASSAPI; Conselho dos Usuários de Água do Açude Poço da Cruz – CONSUL; Associação dos Criadores de Caprinos e Ovinos de Ibimirim – ASCAPRI; Sindicato dos Trabalhadores e das Trabalhadoras Rurais de Ibimirim – STR; Sindicato dos Trabalhadores da Agricultura Familiar de Ibimirim – SINTRAF.

É notório que as partes interessadas e envolvidas com a questão da *P. juliflora* na área de estudo, compreende desde o pequeno agricultor às entidades do governo. Em relação aos agricultores do perímetro irrigado, representados pela UNIVALE, peça-chave deste estudo, foi evidenciado que uma parcela deles utiliza recursos florestais provenientes da algaroba para fins energéticos.

Contudo, na esfera da sociedade civil representada pelas OSCIPs e ONGs, conforme demonstrado, é indispensável destacar a atuação da ASSAPI, um agregado sem fins vantajosos, que opera no município de Ibimirim na busca por melhores condições para os trabalhadores que atuam no desenvolvimento de atividades de apicultura e meliponicultura (criação de abelhas). Tais atividades geram renda com foco na subsistência familiar. Além destes, é inegável a representatividade da ASCAPRI, também influente em relação às oportunidades de renda, investimentos e créditos rurais para criadores e qualidade do plantel, criação e forragem para animais de pequeno porte (ovinos e caprinos, respectivamente).

A ASSAPI é um *stakeholder* de grande importância na exploração de *P. juliflora* em virtude de a planta ser uma ampla fornecedora de néctar para as abelhas durante o período de floração e rentável frente à produção de alvitres melíferos suscitando um impacto positivo.

Apicultores que atuam nos terrenos do PIMOX relataram que a produção melífera da região do Moxotó dá-se em duas floradas distintas: a primeira oriunda do néctar de árvores endêmicas do bioma caatinga no período chuvoso, entre os meses de janeiro e março; e a

segunda proveniente do néctar da florada da algarobeira durante o período de estiagem, mais precisamente entre os meses de setembro e outubro de cada ano.

Além disso, o município de Ibimirim, também é considerado um dos progenitores produtores de mel de abelha do país, bastante reconhecido internacionalmente, e ainda destaque na produção artesanal de imagens de escultura e carrancas de madeira da região, razão pela qual o município é popularmente conhecido como “Terra do Santo e do Mel”.

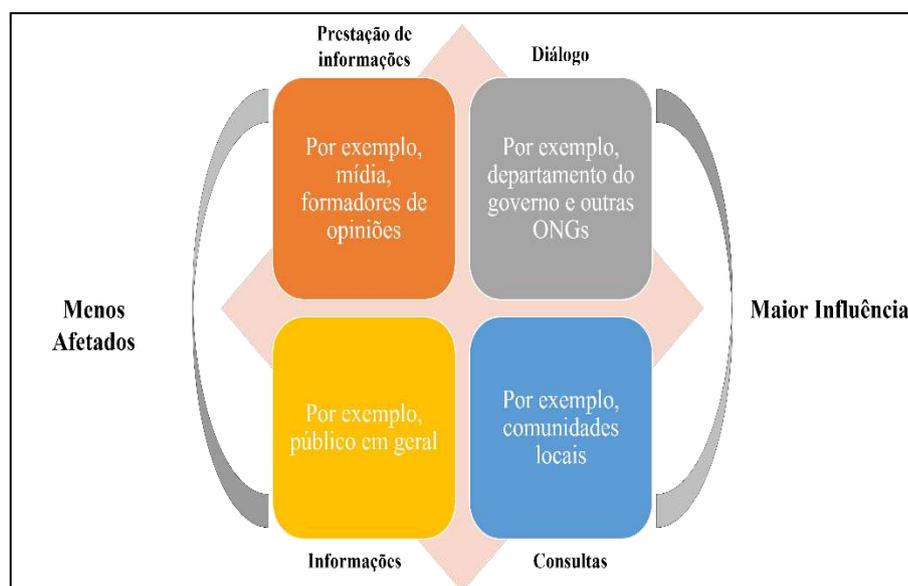
A ASCAPRI fundada no ano de 2006 é formada por 72 criadores associados, dentre os quais 12 são representados pelo público feminino, que tem interesses recíprocos frente aos matagais de *P. juliflora* no município de Ibimirim, bem como ao longo dos terrenos irrigáveis do PIMOX, uma vez que a planta contribui ativamente como uma significativa provedora de bens forraginosos, sobretudo as vagens, suplementos alimentares de caráter energético e proteico, servindo-as como aporte mediante as condições de sobrevivência e engorda dos rebanhos caprinos e ovinos, durante o período de estiagem.

O representante (Presidente) desta associação relatou uma possível futura aquisição de uma máquina para trituração das vagens de algarobeira pelos agricultores e criadores associados, adquirida por meio de projetos de fomento voltados para agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável.

O município tem um dos maiores rebanhos de caprinos do estado de Pernambuco, (aproximadamente 72.000 mil caprinos e 45.000 mil ovinos), tornando-se deste modo, reconhecido pela criação de rebanhos caprinos da raça Moxotó, uma atividade socioeconômica de grande relevância. Assim, a associação trata-se de um *Stakeholder* formado por criadores que desenvolvem atividades de subsistência familiar, na condição de moradores, arrendatários ou meeiros residentes em terrenos invadidos ou não por *P. juliflora*.

6.4.5 Grade de análise de partes interessadas

Para um melhor entrosamento acerca dos interessados na algarobeira no PIMOX, na Figura 32 - Grade de Análise de *stakeholders*, encontra-se ilustrada a grade de análise de partes interessadas, a qual foi aplicada para este estudo, contendo os indivíduos e organizações envolvidos com *P. juliflora*, conforme recomendações das normas do Fundo Mundial da Vida Selvagem, em inglês *World Wildlife Fund (WWF)* proposto por (GOLDER; MEG, 2005; IDYEMA, 2011). A ilustração em comento destaca as partes mais afetadas e as menos afetadas com os impactos oriundos da planta invasora objeto deste estudo.

Figura 32 - Grade de Análise de *stakeholders*

Fonte: Adaptada de Golder; Meg (2005) e Idyema (2011).

Através da Figura 32 - Grade de Análise de *stakeholders*, de análises e decorrências anteriores, foi possível verificar, mediante arcabouço literário e pesquisas de campo, que as partes interessadas incluem, como averiguado por Tebboth *et al.* (2020), diferentes níveis de governo, locais com manifestações de organizações não governamentais (ONGs), organizações locais e comunidades diretamente afetadas. Todos destacam impactos positivos e negativos nos serviços ecossistêmicos e em outras atividades realizadas pelas partes interessadas que os utilizam (LINDERS *et al.*, 2021).

Apesar disso, percebe-se que se faz imprescindível avaliar o conhecimento, as percepções das partes interessadas, práticas, conscientização, desejos e necessidades relacionadas às invasões biológicas (SHACKLETON *et al.*, 2007; EISWERTH; YEN; KOOTEN 2011; KULL *et al.*, 2011; RAI; SCARBOROUGH, 2015; SHACKLETON.; MAITRE; RICHARDSON, 2014), como é o caso da colonização de *P. juliflora* sucedido em lugares de maneira demasiada em terrenos do PIMOX como se pode observar na Figura 33 - Avaliando o conhecimento e percepções dos agricultores do PIMOX, na qual vislumbra-se a realização das entrevistas com os agricultores do PIMOX, em Julho de 2020.

Figura 33 - Avaliando o conhecimento e percepções dos agricultores do PIMOX



Fonte: Autor (2022).

Questões pertinentes à influência e gestão do desenvolvimento de *P. juliflora* no PIMOX, em Ibimirim, são pouco difundidas pelos órgãos de comunicação ou mídia (rádio, televisão, jornais etc.). Geralmente, são abordadas por ONGs que tem como vertentes a preservação e conservação do bioma caatinga, educação ambiental e inclusão social, como é o caso da Associação Umburanas do Vale do Moxotó – ASSUVAM, uma organização sem fins lucrativos fundada em 2002 com sede no Centro de Educação Ambiental do Semiárido de Pernambuco – CEASAPE, localizada nas proximidades do rio Moxotó, na zona urbana do município de Ibimirim.

A ASSUVAM, por meio do CEASAPE, desenvolve atividades com foco na produção de mudas para arborização urbana e recuperação de áreas degradadas, campos passíveis de degradação e proliferação excessiva de árvores de *P. juliflora*, compostagem, marchetaria, horticultura orgânica, dentre outros. Santos *et al.* (2018) descreve que a equipe do CEASAPE administra o processo de produção de mudas para a restauração de áreas degradadas desde a etapa inicial, que é a coleta de sementes. A coleta de sementes ocorre em remanescentes de caatinga localizados próximos à sede da organização, ao decorrer dos meses de agosto e setembro de cada ano (período em que se observa a fissura dos frutos e secagem das cascas).

Há ausência de técnicas de manejo pela qual pode-se verificar a susceptibilidade do perímetro irrigado aos riscos de comprometimento da infraestrutura hídrica, sobretudo, canais de irrigação invadidos e destruídos pelo sistema radicular pivotante de *P. juliflora*

aparentemente profundos, responsáveis pela busca de nutrientes e água no subsolo. As árvores *P. juliflora* às margens de canais basilares do PIMOX, favorece o processo de erosão e estrago dos mesmos, conforme percebido durante a campanha de campo em 2020 (Figura 34 - Estrago em canal de irrigação provocado pela invasão de árvores de *P. juliflora* no PIMOX), principalmente neste tipo de solo, em que é praticado a atividade agrícola (Neossolos flúvicos do perímetro irrigado).

Figura 34 - Estrago em canal de irrigação provocado pela invasão de árvores de *P. juliflora* no PIMOX



Fonte: Autor (2022).

De acordo com Shackleton *et al.* (2017) e Al-Assaf *et al.* (2020) o gerenciamento bem-sucedido das invasões por espécies exóticas invasoras (IAS) baseia-se na compreensão de todas as partes interessadas incluindo locais e comunidades, e induzindo-as a agir. Aspectos como estes são legitimamente importantes na tomada de decisão sobre como *P. juliflora* pode ser colocado sob controle e gerenciado em um meio ambiente de maneira amigável (IDYEMA, 2011).

6.5 ANÁLISE DE MODELO FORÇA MOTRIZ, PRESSÃO, ESTADO, IMPACTO, RESPOSTA – DPSIR.

Com vistas à elaboração de relatórios ambientais e estruturas para a descrição de problemas ambientais, mediante a formalização das relações entre vários setores das atividades humanas e o meio ambiente como afinidades de causalidade, a Agência Europeia do Meio

Ambiente (EEA) desenvolveu o modelo DPSIR (*Driving Forces, Pressure, State, Impact, Response*) (LANDIM NETO, 2016).

Com o enfoque central para o acréscimo de uma pesquisa de caráter intrinsecamente interdisciplinar para condução desta investigação, além da análise dos *stakeholders*, optou-se também pela aplicabilidade da análise DPSIR, a qual se desenvolveu a partir de consultas bibliográficas, campanhas de campo, detecção e análise de mudanças na cobertura e uso do solo por meio do emprego de tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

Paralelamente, houve réplicas das percepções dos agricultores familiares (irrigantes) do PIMOX acerca da introdução, invasão e impactos resultantes da algarobeira ao longo deste sistema agrícola, conforme demonstrado na sistematização da Figura 35, o presente modelo da esquerda para a direita inicia-se com a força motriz, dando-se sequência com as pressões, estado, impactos e respostas. Além disso, pode-se vislumbrar no Quadro 6, proposto por Fernandes e Barbosa (2011) os conceitos responsáveis pela composição do referido modelo supracitado.

Figura 35 – Esquema do modelo DPSIR



Fonte: Autor (2022).

Quadro 6 - Indicadores para a estruturação do modelo DPSIR

Categoria	Definição
Força motriz (M)	Refletem as influências do homem e das atividades humanas que, quando combinadas com as condições ambientais, provocam mudança no meio ambiente;
Pressão (P)	Descrevem as variáveis que diretamente causam (ou podem causar) problemas ambientais;

Estado (E)	Mostram a qualidade, ou seja, a atual condição do ambiente;
Impacto (I)	Descrevem os efeitos das mudanças de estado;
Resposta (R)	Descrevem o esforço da sociedade para resolver os problemas, sejam eles, na forma de políticas, leis, tecnologias limpas, dentre outras.

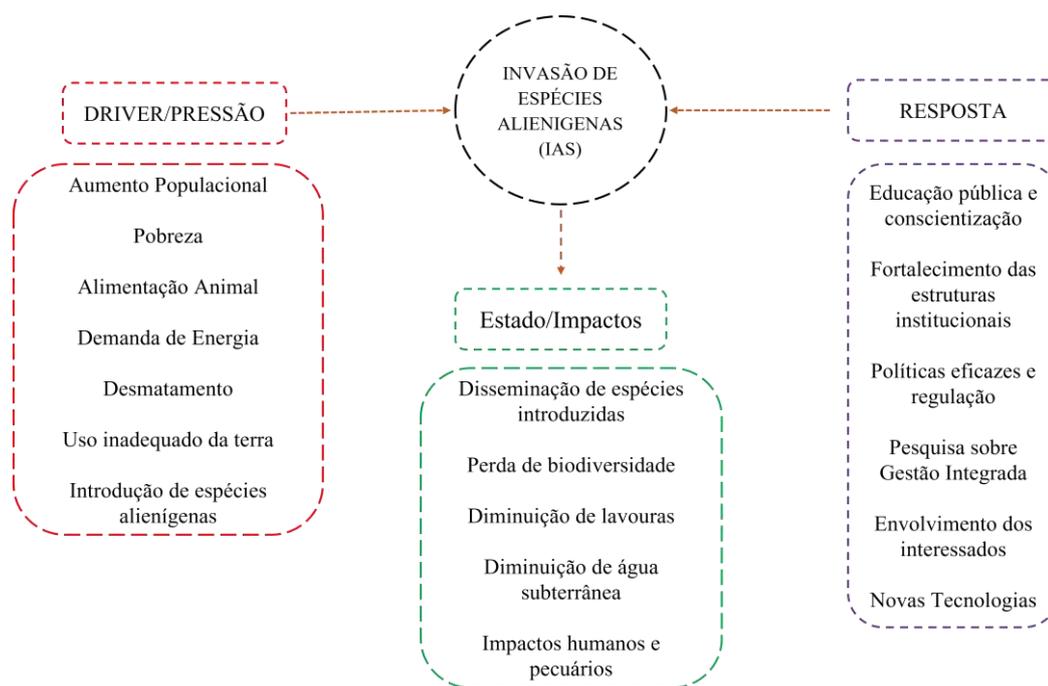
Fonte: Adaptado de Fernandes e Barbosa (2011).

Os atributos ambientais constituídos pelo modelo DPSIR (*força motriz, pressão, estado, impacto, resposta* - em inglês *Drivers, Pressure, State, Impact, Response*) diferentemente de outros estudos, indicadores de sustentabilidade e/ou avaliações realizados com viés na prevenção e precaução dos impactos ocasionados ao meio ambiente como, por exemplo, o estudo de impacto ambiental (EIA/RIMA) e o estudo ambiental simplificado (IAS), são capazes de demonstrar com precisão as atividades que de fato contribuem significativamente para o surgimento de determinados problemas socioambientais em virtude do vigor e do conjunto ordenado de indicadores. Além disso, o DPSIR proporciona uma participação ativa dos diversos segmentos da sociedade para fins de tomada de decisões.

A vantagem de usar um modelo DPSIR é que ele define uma relação causa-efeito. Ele também destaca as conexões entre as causas de problemas ambientais, seus impactos e a resposta da sociedade a eles, de forma integrada (GABRIELSEN; BOSCH, 2003; IDYEMA, 2011), uma vez que a estrutura DPSIR fornece meios qualitativos focados na análise das mudanças na cobertura da terra (GEDEFW *et al.*, 2020). O modelo DPSIR permite uma noção da origem dos efeitos e impactos ocasionados ao ambiente por determinadas atividades antropogênicas, em uma dada localidade, agindo semelhante ao efeito dominó, no qual o sucesso e permanência de uma das pedras depende das outras que se encontram ao seu redor.

O modelo considera que as atividades econômicas e o comportamento humano afetam a qualidade ambiental. No entanto, as relações entre estes fenômenos são complexas. O modelo reforça a interação entre as causas dos problemas ambientais, os impactos e as respostas da sociedade, de uma forma integrada (FERNANDES; BARBOSA, 2011).

Tendo conhecimento acerca das causas e efeitos favoráveis e adversos da invasão de *P. juliflora* no PIMOX, a ferramenta quadro DPSIR, foi motivadamente utilizada. Este tipo de quadro possui a capacidade de fornecer um mecanismo global de análise de problemas ambientais, sejam eles de origem antrópica ou não-antrópica (MAITRE; REYERS; KING, 2002; GABRIELSEN; BOSCH 2003; IDYEMA, 2011) (Figura 36).

Figura 36 – Quadro DPSIR sobre a *P. juliflora* no PIMOX

Fonte: Adaptado de Maitre; Reyers; King (2002); Idyema, (2011).

6.5.1 Forças motrizes (*Drivers*) e pressões (*Pressures*)

Levando-se em apreço o quadro DPSIR, ilustrado na Figura 36, pode-se verificar que as principais forças motrizes (*Drivers*) e pressões (*Pressures*) que levaram à introdução de *P. juliflora* nos terrenos irrigáveis do PIMOX foram o aumento populacional, decorrido das posses de terras agrônomicas do PIMOX pelos agricultores (colonos) que iniciaram suas atividades laborativas cultivando alho.

Aliado a esse evento, houveram as políticas públicas de fomento, focalizadas no desenvolvimento social e econômico, implementadas para incentivo ao cultivo e usos da árvore *P. juliflora* para suprir as demandas de alimento dos rebanhos de gado e consumo energético na região, por meio dos planos traçados por órgãos pertencentes à administração direta e indireta nas esferas, principalmente federais, em parceria com órgãos estaduais, como por exemplo, a SUDENE, DNOCS, EMATERs e outros, respectivamente.

Outras forças motrizes e pressões indicadoras da deterioração ambiental são pertinentes às atividades produtivas de irrigação e sequeiro, dentre estas, a ocorrência apressada de processos modificadores de paisagens, como o desmatamento para implantação de atividades agropecuárias.

Conferiu-se diversos usos da água, especialmente para irrigação, sem o uso de um sistema de irrigação eficiente como o gotejamento, o que induz e ocasiona a disseminação de

árvores *P. juliflora*, devido à salinização dos solos, semelhante ao também constatado por Fernandes e Barbosa (2011) em estudo desenvolvido sobre a influências de tais indicadores mediante o processo de desertificação nos municípios de Araripina-PE, Crato e Barbalha-CE e Marcolândia-PI.

Muitas localidades ao longo do canal principal e dos ramais, principalmente aqueles situados nas proximidades das agrovilas pertencentes ao PIMOX, presencia-se o despejo *in natura* de esgotos domésticos e disposição inadequada de resíduos sólidos, sem um mínimo de orientações no que tange aos cuidados com a saúde pública e meio ambiente por parte dos órgãos públicos responsáveis (SANTOS *et al.*, 2020).

Descaso também com a poluição do rio Moxotó, que margeia a área urbana de Ibimirim e do próprio PIMOX, associado a destruição das matas ciliares que resultam no aparecimento demasiado de árvores de *P. juliflora* e consequentemente assoreamento do rio em evidência, fatos verificados durante meados de 2019, no período de inverno, e primeiro semestre de 2022, respectivamente (Figura 37).

Figura 37- Vista parcial do rio Moxotó cortando o lote nº 05 do PIMOX



Fonte: Autor (2022).

Dosséis da árvore invasora estão espalhados em áreas próximas do aponte sobre o rio Moxotó, em Ibimirim, que também margeia lotes irrigáveis do PIMOX e que interliga cidades circunvizinhas (Figura 38).

Figura 38 – Vista parcial do rio Moxotó às margens da zona urbana e do PIMOX, Ibirimir – PE



Fonte: Autor (2022).

As queimadas também exercem compressões impetuosas sobre os recursos naturais, pois resultam em concomitância com o desmatamento na exposição do solo, deixando-o desnudo e suscetível ao empobrecimento destes e vulneráveis a ocorrência de extremos eventos naturais como processos erosivos de ascendência hídrica.

As queimadas consistem em técnicas culturais, costumeiramente utilizadas nas práticas agrícolas convencionais, denominada de “destoca”, bastante empregada pelos agricultores da região, que incide na retirada de estratos vegetacionais para introdução de atividades agropecuárias. Esses dois processos antropogênicos contribuem também para a germinação e regeneração de mudas e sementes de árvores *P. juliflora* nos campos de agricultura do PIMOX, visto que as sementes têm sua dormência fragmentada no intestino dos animais que frequentemente pastejam naquelas áreas subutilizadas para o plantio.

6.5.2 Mudanças de estado/impacto

Os indicadores de mudanças de estado e impactos decorrentes das forças motrizes e pressões da colonização de *P. juliflora* no PIMOX são as mudanças na qualidade dos diversos meios ambientais, por exemplo, solo, ar, água, terra etc., e sua capacidade de apoiar a vida humana e não-humana, bem como fornece recursos, idêntico ao também averiguado por Idyema (2011) no Quênia.

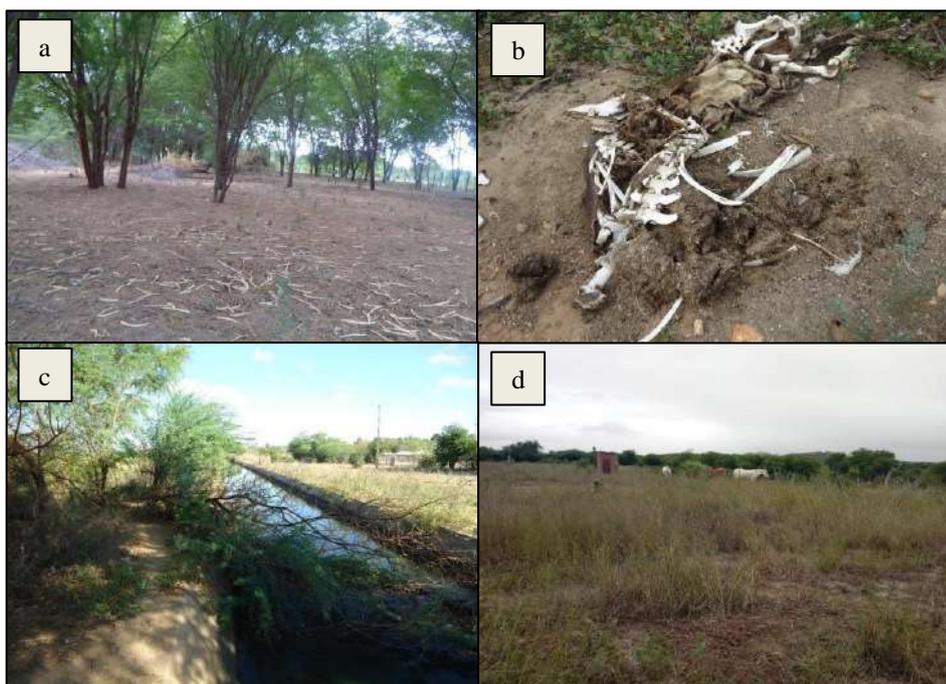
Prosopis juliflora determina episódios de outras alterações no estado atual dos terrenos irrigáveis do PIMOX, como diminuição no desenvolvimento e produção das lavouras, perdas

de biodiversidade local, diminuição das águas subterrâneas, sobretudo dos poços artesanais, responsáveis pelo suprimento hídrico irrigável na atualidade, visto que este foi imediatamente suspenso desde o ano 2015 em virtude da falta de chuvas para enchimento do açude Poço da Cruz.

Outras mudanças de estado e impactos adversos decorrentes da árvore invasiva *P. juliflora* é perceptível no PIMOX, como mortes de rebanhos de gado, sobretudo bovinos, que devido a palatabilidade açucarada das vagens, ao ingerirem de maneira excessiva, ficam enfermos, incapazes de desenvolver mastigação normalizada, doença mais comumente conhecida na região entre os agricultores como “língua de pau”, conforme pode-se identificar mediante material em estado de decomposição (carcaças de bovinos mortos) durante os períodos de estiagem que se deram entre os anos 2012 e 2019 no PIMOX, evidenciadas na (Figura 39 a e b).

A colonização de estratos invasivos de *P. juliflora* às margens dos canais de irrigação, caminhos e estradas vicinais, bem como cercas das propriedades aos arredores do PIMOX, caracteriza-se como uma outra dificuldade, que de fato interfere inusitadamente junto às atividades e visibilidade dos agricultores, viajantes e público em geral, que se usufruem destes serviços, conforme se pode vislumbrar na Figura 39 c e d, durante os anos 2017 e 2019 concomitantemente.

Figura 39 – Colonização e impactos decorrentes de *Prosopis juliflora* em lotes do PIMOX, Ibimirim – PE



Fonte: Autor (2022).

Com mudanças de estado e impactos, pode-se perceber também, por outro lado, a capacidade da planta de prover impactos harmoniosos como, por exemplo, a aptidão de poupar as plantas endêmicas existentes do bioma caatinga, geração de bens de consumo, a produção de lenha para destinação e utilização como recurso energético nas carvoarias, cerâmicas, panificadoras e indústrias em geral, conforme anteriormente apurado junto à análise de *stakeholders* desenvolvida.

Suas vagens também se destacam como fonte de renda durante o período de secas, coletadas pelos próprios agricultores e habitantes, que as colecionam em sacos para posterior armazenamento e alimentação dos animais. As estacas e mourões são de grande utilidade pelos agricultores do PIMOX, como significativo utensílio na construção de cercas das propriedades.

Redução dos níveis de sal e melhoramento dos terrenos deste perímetro irrigado também são e foram observados pelos agricultores, conforme anteriormente exposto neste documento, mediante percepções dos entrevistados sobre tais aspectos característicos da invasora na área de estudo. Além disso, também se destaca o uso da árvore para sombreamento dos rebanhos e dos indivíduos que a procuram para se livrar dos altos índices de insolação e temperatura.

6.5.3 Respostas

As respostas são uma redução dos danos ambientais por parte da sociedade ou dos formuladores de políticas (IDYEMA, 2011). Fernandes e Barbosa (2011) também salientam que as respostas descrevem o esforço da sociedade para resolver os problemas, sejam eles, na forma de políticas, leis, tecnologias limpas, dentre outras. Segundo Kemerich Ritter e Borba (2014), este modelo tem por objetivo fornecer informação sobre os diferentes elementos da cadeia DPSIR, demonstrar a sua interligação e avaliar a eficácia das respostas de forma integrada.

Como indicadores de respostas mediante o gerenciamento e controle da propagação de árvores *P. juliflora* no PIMOX, tem-se sobretudo a dedicação e esforços dos agricultores no emprego de técnicas e estratégias hábeis com foco na intervenção da invasão às áreas de irrigação, bem como manter uma relação suave entre as árvores invasoras da espécie com os dosséis endêmicos do bioma caatinga por meio da remoção de plântulas, troncos e raízes, e adoção do corte raso de árvores de *P. juliflora* não desejadas, com uso de ferramentas como motosserras, machados, enxadas, picaretas, entre outros.

Ellsworth *et al.* (2018) relatam que a remoção mecânica de árvores de mesquite - algarobeiras tem um impacto positivo imediato em seu controle. Akiny (2019) constatou no

Condado de Baringó, Quênia, que administradores de terras usam lâmina de abertura profunda especialmente projetada a um trator ou uma enxada para remover o coroa da árvore e raiz a 20-25 cm de profundidade, que é particularmente eficaz. A menos que seja arrancado, cortar a árvore leva a um crescimento mais vigoroso, pois a árvore tem alta capacidade de corte.

Aplicação de óleo lubrificante usado, embora menos eficiente que o herbicida e o fogo, pode constituir uma alternativa economicamente viável para o controle de populações invasoras de *P. juliflora*, notadamente para os indivíduos adultos (GONÇALVES *et al.*, 2015). Essas se constituem como técnicas opcionais que podem impedir a disseminação e rebrota da espécie nas áreas agrícolas do PIMOX, uma vez que seus troncos impedem o manuseio de equipamentos, e por conseguinte a execução de atividades na agricultura irrigada e de sequeiro, conforme se pode observar no lote nº 5 do PIMOX no ano 2019 (Figura 40).

Figura 40 - Erradicação de *P. juliflora* em lotes do PIMOX



Fonte: Autor (2022).

Educação pública e conscientização; implementação de ações focalizadas na mudança de atitudes e de comportamentos dos agricultores em relação a adoção de técnicas e estratégias de recuperação de áreas degradadas e infestadas pelas árvores da invasora *P. juliflora*; fortalecimento das estruturas institucionais; implementação de políticas eficazes e regulação, são sugeridos por Maitre, Reyers e King (2002) e Idyema (2011), conforme vislumbrado no quadro DPSIR.

A não aceitação de animais como equinos e bovinos após ingestão de vagens de *P. juliflora* em áreas agrícolas e de pastagens, apresenta-se como uma alternativa pela qual se pode auxiliar no ativo domínio e diminuição da germinação de indivíduos e invasão de populações

da árvore em evidência na extensão agrícola do PIMOX (SANTOS; MOURA; PEREIRA, 2019), bem como a implementação de programa de controle biológico contra espécies de *Prosopis* (algaroba) (ZACHARIADES; HOFFMANN; ROBERTS, 2011), aliado a outras técnicas de manejo, como o controle por meio de produtos químicos, especificamente herbicidas, como translocados sistêmicos, especificamente o Mera-71 (glifosato e 2,4-D), que foram quase duas vezes mais eficazes que o paraquat três vezes mais eficazes que o Diuron (SHANWAD *et al.*, 2015), fato que ocorreu com sucesso no estado de Karnataka, Sul da Índia.

Além disso, aconselha-se o uso de ações de restauração da vegetação nativa, dentre elas destacam-se: i. isolamento ou retirada dos fatores de degradação: consiste na retirada de fatores como o trânsito de veículos e implementos agrícolas, pastoreio de animais de médio e grande porte, desmatamento, caça etc.; ii. Enriquecimento com espécies nativas, com sementes ou mudas; iii. transplante de sementes ou plântulas: trata-se de germinação de sementes em sementeira com posterior transplante em viveiro, tendo em vista a restauração ambiental; iv. indução e condução de propágulos autóctones: revolvimento do solo para indução ou introdução do banco de sementes, por meio de mecanismos como a aração por tratores e outros implementos agrícolas; dentre outros (NUVOLONI, 2015; SANTOS; MOURA; PEREIRA, 2019). Esses últimos autores ainda descrevem que produção de mudas nativas da caatinga é viável e de extrema acuidade para recuperação de áreas de propagação da *P. juliflora* (SANTOS; MOURA; PEREIRA, 2019).

A propagação de indivíduos da espécie *P. juliflora* em área agrícola subutilizada, ou seja, sem efetivação constante de atividades agrícolas produtivas, ocasiona impactos diretos sobre os processos de sucessão ecológica. Esses habitats sucessionais, provenientes de atividades agrícolas, amparam um amplo quantitativo de comunidades de espécies daninhas, sendo que muitas delas são exóticas como a *P. juliflora*.

7 CONCLUSÕES

Tecnologias de sensoriamento remoto detectaram e mostraram invasão escalar da classe de algaroba esparsa, com um aumento total de 273 Km², no período de 1987-1991, cuja elevada colonização, deu-se em virtude das primeiras introduções, aliadas à falta de informações e experiências sobre os benefícios, malefícios e manejo da planta. Contudo, naquela ocasião a *P. juliflora* gerou benfeitorias junto aos proprietários de terras, com o abastecimento de alimento para os rebanhos e reflorestamento das áreas degradadas. No período de 2009-2014, esses terrenos também sofreram um acréscimo da classe de algaroba esparsa, no qual foi detectada sua propagação, principalmente às margens do Rio Moxotó.

Nos derradeiros 35 anos, período espaço-temporal de análise, 1987-2019, houve um decréscimo de mais de 100% quanto aos níveis de invasão da classe algaroba densa. As partições do balanço de energia saldo de radiação (Rn) e evapotranspiração (ET) detectaram que os altos valores dessas partições contribuem para a infestação da planta, bem como para a diminuição dos altos índices de temperatura. As áreas com predomínio de árvores *P. juliflora* possuem maiores índices de valores evaporativos, enquanto nas áreas de vegetação nativa degradadas ou em processo de desertificação há redução dos valores evaporativos.

As percepções socioambientais dos agricultores do PIMOX denotam que a propagação de *P. juliflora* aumentou significativamente nos últimos anos, desde a introdução da espécie no ano de 1985. As matas ciliares são as mais invadidas pelas árvores desta espécie, o que ocasiona de fato, o impacto positivo junto ao controle dos processos erosivos instigados pela ausência de cobertura vegetal. Não diferente dos impactos positivos, os impactos negativos de *P. juliflora* sobre a estabilidade de campos agrícolas, também são intensos, como destruição de canais de irrigação e diminuição de pastagens.

Teoricamente existem muitos *stakeholders* com aptidão para executar projetos em prol dos serviços ecossistêmicos prestados pela colonização de *P. juliflora* no PIMOX, porém inexistem políticas públicas focadas no sentido de controlar e aproveitar, para diversos fins, os recursos florestais provenientes da espécie. O emprego de indicadores ambientais como a análise de *stakeholders* e DPSIR (Forças motoras, Pressões, Estado, Impacto e Respostas) foram hábeis em analogia à averiguação do conhecimento dos agricultores acerca da introdução, usos e exploração dos bens e serviços ecossistêmicos e de subsistência provenientes da *P. juliflora*. É de suma importância que se faça o uso de tais utensílios como subsídios estratégicos para a implementação de políticas públicas focadas na agricultura familiar e

sistemas silvipastoris, manejo, gerenciamento e controle de recursos florestais de *P. juliflora* nos terrenos agrícolas do PIMOX, em Ibimirim-PE.

8 RECOMENDAÇÕES

1. Uso de imagens de satélite pelos órgãos ambientais e sua conversão em índices de vegetação, saldo de radiação e evapotranspiração, importantes ferramentas para o monitoramento de *P. juliflora* no espaço;
2. Participação da população em geral nas tomadas de decisão quanto as políticas ambientais envolvendo o bioma caatinga e invasão, controle e usos de *P. juliflora*;
3. A erradicação completa da planta nos terrenos agropastoris do PIMOX não é a melhor opção, pois a mesma viabiliza o uso racional dos recursos florestais da caatinga;
4. Estratégias de gestão ambiental em prol do controle da invasão e aproveitamento de *P. juliflora* no âmbito biotecnológico pelos *stakeholders*.

REFERÊNCIAS

- ABDULAH, M. M.; UTE, J. A.; REGASA, T. *Prosopis juliflora* L: Distribution, impacts and available control methods in Ethiopia. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 20, p. 75-89, 2017.
- AGUIAR, B. K. G. **Análise de constelação em bacias hidrográficas no uso e ocupação do solo e da água nas margens do reservatório Poço da Cruz, Ibimirim, Pernambuco, Brasil**. 2019. 68 p. Monografia (Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Recife. 2019.
- AKINY, O. J. **Determination of factors influencing adoption and control of *Prosopis juliflora* in Marigat, Baringo county, Kenya**. 2019. 83 s. Thesis. Master of Science in Natural Resource Management of Egerton University. 2019.
- AL-ASSAF, A.; TADROS, M. J.; AL-SHISHANY, S.; STEWART, S.; MAJDALAWI, M.; TABIEH, M.; YAHIA, A. Othman. Economic Assessment and Community Management of *Prosopis juliflora* Invasion in Sweimeh Village, Jordan. **Sustainability**, v. 12, n. 20, p. 1-18, 2020.
- ALBUQUERQUE, A. E. A. **POÇO DA CRUZ: Reminiscências de uma bela época**. Ibimirim: Gráfica Arcoiris, 2016.
- ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; BASTIAANSEN, W.G. M. **SEBAL Surface Energy Balance Algorithm for Land**. Advanced Training and User's Manual – Idaho Implementation, v. 1, p. 97, 2002.
- ALMARAZ-ABARCA, N.; CAMPOS, M. G.; AVILA-REYES, J. A.; NARANJO-JIMENEZ, N.; CORRAL, J. H.; GONZALEZ-VALDEZ, L. S. Antioxidant activity of polyphenolic extract of monofloral honeybee-collected pollen from mesquite (*Prosopis juliflora*, Leguminosae). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 2, p. 119-124. 2007.
- ALMEIDA, J. B.; MOREIRA, A. A.; FERNANDES, F. H. S.; ALMEIDA, R. P.; NERY, C. V. M. O Sensoriamento Remoto aplicado ao Estudo da Desertificação na Região Semiárida do Norte de Minas Gerais. **Rev. Bras. Geom.**, v.2, n. 2, p.31-39, 2014.
- ALVES, A. C.; SANTOS, J. C. M.; SILVA, J. N. Estudo do Monitoramento das Aplicações Tecnológicas da (Algaroba). **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v.12, n.2, p. 374-387, 2019.
- AL-WARDY.; AL-RAWAS, M. G.; CHARABI, Y.; CHOUDRI, B. S. Spatiotemporal assessment of *Prosopis juliflora* invasion: linking invasion pattern to meteorological conditions. **Tropical Ecology**, v. 62, p.197-208, 2021.
- AMADOR, M. B. M. **Abordagem geográfica de antigas áreas algarobadas através do estudo sistêmico dos processos superficiais da paisagem e sua influência na biota local: Monteiro/PB**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2013.149 p.

AMBOKA, A. A.; NGIGI T. G. Mapping and Monitoring Spatial-Temporal Cover Change of *Prosopis Species* Colonization in Baringo Central, Kenya. **International Journal of Engineering Science Invention.**, v. 4, n. 3, p. 50-55, 2015.

AMORIM, R. F.; ALMEIDA, S. A. S.; CUELLAR, M. Z.; COSTA, A. M. B. G. Mapeamento de Uso e Ocupação do solo na Bacia Hidrográfica Piranhas/Açu, utilizando imagens CBERS e técnicas de classificação supervisionada. *In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR*, 13 ed. 2007, Florianópolis, SC, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007.

ANDRADE, H. F. **Efetividade do uso de ferramentas da web 2.0 em AVAs:** colaboração, autonomia e autoria do aluno. 2013. 127 p. Dissertação (Mestrado em Educação) - Centro de Educação, UFPE - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2013.

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 Scientiarum Biological Sciences**, v.32, p.249-255, 2010.

ANTONI, R.; FOFONKA, L. Impactos ambientais negativos na sociedade contemporânea. **Educação Ambiental em Ação**, n. 45. v. 6, 2018.

ARAÚJO, G. V. R.; SILVA, T. E. P.; OLIVEIRA, B. M. C.; STEUER, I. R. W.; EL-DEIR, S. G. Situação dos resíduos sólidos e esgotamento sanitário em comunidade rural do Semiárido Pernambucano. *In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL*, 3 ed. 2012, Goiânia, GO, **Anais...** Goiânia: IBEAS, 2012.

ARAÚJO, J. L. P.; CORREIA, R. C.; ARAUJO, E. P.; LIMA, P. C. F. Cadeia produtiva da Algaroba no polo de produção da bacia do Submédio São Francisco. *In: XLIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL*, 2006, Fortaleza, **Anais...** Brasília: SOBER, 2006.

ARIZA, L.; DIAS, V.; SOUSA, R. S.; NUNES, B. R.; GALIAZZI, M. C.; SCHMIDT, E. B. Articulações metodológicas da Análise Textual Discursiva com o ATLAS.ti: compreensões de uma Comunidade Aprendente. **Investigação Qualitativa na Educação**, v. 2, p. 346-351, 2015.

ASRAT, G.; SEID, A. Allelopathic Effect of Meskit (*Prosopis juliflora (Sw.)* DC. Aqueous Extracts on Tropical Crops Tested under Laboratory Conditions. **Momona Ethiopian Journal of Science (MEJS)**, v. 9, n. 1, p. 32-42, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14001:** Sistemas de Gestão Ambiental - Requisitos com orientação para uso. Norma ABNT. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasghislaine/iso-14001-2004.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2022.

AUDINO, V. **Elaboração de um instrumento sobre a percepção ambiental da população urbana para a sustentabilidade de cidades.** 2017. 150 p. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental) – Núcleo de Pesquisas e Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

AUNG, T.; KOIKE, F. Identification of invasion status using a habitat invasibility assessment model: the case of *Prosopis* species in the dry zone of Myanmar. **J Arid Environ**, v.120, p. 87–94, 2015.

AYANU, Y.; JENTSCH, A.; MÜLLER-MAHN, D.; RETTBERG, S.; ROMANKIEWICZ, C.; KOELLNER, T. Ecosystem engineer unleashed: *Prosopis juliflora* threatening ecosystem services?. **Regional Environmental Change**, v.15, p.155-167, 2015.

AZEVEDO, G. **Algaroba**. Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola, 1961. 31p.

BALDIN, N.; MUNHOZ, E. M. B. *Snowball* (bola de neve): uma técnica metodológica para pesquisa em educação ambiental comunitária. *In: X CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO - EDUCERE*, 2011, **Anais...** Curitiba, 2011.

BARBOSA, K. M. N. **Monitoramento espacial de biomassa e carbono orgânico da vegetação herbácea de várzea na Amazônia Central**. 2006. 131 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BARROS, A. H. C.; ENCARNAÇÃO, C. R. F.; REIS, A. C. S.; LACERDA, F. F.; SILVA-NETO, J. R.; FERREIRA, N. S. **Climatologia das estações experimentais do IPA**. Secretaria da Agricultura de Pernambuco. Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA. Laboratório de Meteorologia e Recursos Hídricos de Pernambuco – LAMEPE. Recife: LAMEPE, 1994.

BASTIAANSEN, W. G. M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain**. 1995. 273 p. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands, 1995.

BATISTA, V. H. A. **Monitoramento de variáveis hidrológicas e vegetação em bacia do Semiárido Pernambucano**. 2018. 42 p. Relatório de Estágio Supervisionado Obrigatório (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2018.

BEKELE, K.; HAJI, J.; LEGESSE, B.; SHIFERAW, H.; SCHAFFNER, U. Impacts of woody invasive alien plant species on rural livelihood: Generalized propensity score evidence from *Prosopis* spp. invasion in Afar Region in Ethiopia. **Pastoralism: Research, Policy and Practice**, v. 8, n. 28. p. 1-17, 2018.

BENNETT, N. J. Using perceptions as evidence to improve conservation and environmental management. **Conserv. Biol.** v. 30, p. 582-592, 2016.

BERHANU, A.; TESFAYE, G. The *Prosopis juliflora* Dilemma, impacts on dryland biodiversity and some controlling methods. **Journal of Dry lands**, v. 1, p. 158-164, 2006.

BHAGAT, V. S.; MORE, R. K. Use of LANDSAT ETM+ Data for detection of juliflora in irrigated zones. **Journal of Remote Sensing**, v. 4, n. 1, p. 36-47, 2013.

BIONDI, D. **Paisagismo e Arborização**. In: II CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SILVICULTURA (Lato Sensu). Departamento de Engenharia Florestal – Universidade Federal de Pernambuco. CAPES, 1995.

BIRHANE, E.; TREYDTE, A. C.; ESHETE, A. W.; SOLOMON, N.; HAILEMARIAM, M.; Can rangelands gain from bush encroachment? Carbon stocks of communal grazing lands invaded by *Prosopis juliflora*. **Journal of Arid Environments**, v. 141, p. 60-67, 2017.

BISHT, G.; VENTURINI, V.; ISLAM, S.; JIANG, L. Estimation of the net radiation using MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) data for clear sky days. **Remote Sensing of Environment**, v. 97, p.52-67, 2005.

BOKREZION, H. **The Ecological and Socio-Economic Role of *Prosopis juliflora* in Eritrea: An Analytical Assessment within the Context of Rural Development in the Horn of Africa**. 2008. 227 p. Ph.D. Thesis, Pharmazieudd Geowissens chaften der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Mainz, Germany, 2008.

BRADLEY, B. A. Remote detection of invasive plants: a review of spectral, textural and phenological approaches. **Biol. Invasions**, v. 16, p. 1411–1425, 2014.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n.001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 fev. 1986.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal. Centro Gráfico, 1988. 292p.

BRASIL. Lei complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 dez. 2011. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm>. Acesso em: 15 ago. 2022.

BRAZ, A. M.; ÁGUAS, T. A.; GARCIA, P. H. M. Análise de índices de vegetação NDVI e SAVI e índice de área foliar (IAF) para a comparação da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do córrego ribeirãozinho, município de Selvíria – MS. **Revista Percorso – NEMO**, Maringá, v. 7, n. 2, p. 05- 22, 2015.

BREDA, N. J. J. Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 392, p. 2403-2417, 2003.

BRITO, A. C. C.; ANDRADE, N. L. R.; FAMBRI, L. S.; RUEZZENE, C. B.; AGUIAR, R. G. Aplicação do produto de evapotranspiração do MODIS para uma área de pastagem na Amazônia ocidental. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.40, Edição Especial, p. 162-167, 2018.

BURKART, A. A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae). **Journal of the Arnold Arboretum**, v. 57, n. 3, p. 219-249, 1976.

BURKART, A. Materiales para una monografía del género *Prosopis* (leguminosae). **Darwiniana**, Buenos Aires, v. 4, n. 1, p.57-128, 1940.

BURNETT, A. A “saga” político-ecológica da algaroba no semiárido brasileiro. **Revista de Estudos Sociais**, Cuiabá, v. 19, n. 28, p. 148, 2017.

CAATINGAS EM RISCO. Direção: Augusto Amorim e Neilson Freire. Produção: Massangana Multimídia Produções. Roteiro: Augusto Amorim, 1DVD (62MIN), Color HD. Realização: Fundação Joaquim Nabuco, 2017.

CÂMARA, R. H. Análise de conteúdo: da teoria à prática em pesquisas sociais aplicadas às organizações. **Revista Interinstitucional de Psicologia**, v. 6 n. 2, p. 179-191, 2013.

CARVALHO, A. A.; LOPES, I.; SILVA, O. F. Tendências Observadas na Precipitação sobre a Bacia do Riacho do Navio (Pernambuco). **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 42, n. 4, p. 56-70, 2019.

CARVALHO, L. C. **Produção de cerveja artesanal com uso de algaroba (*Prosopis juliflora*) como adjunto fermentável**. 2018. 55 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Gastronomia) - Universidade Federal da Paraíba – UFPB. João Pessoa, 2018.

CARVALHO, T. R. A.; ALMEIDA, C. L.; ALMEIDA, A. M. M.; PORTO, M. F.; ARAÚJO J. C. Índice de área foliar em caatinga preservada. **Conexões Ciência e Tecnologia**, Fortaleza/CE, v. 11, n. 1, p. 35-42, 2017.

CAVALCANTE, L. B.; INÁCIO, A. L.; BARROS, H. G.; JIMÉNEZ, R. M. N.; COELHO, S. M. S. C. Cálculo do saldo de radiação pelo algoritmo SEBAL na porção do baixo-médio São Francisco, Brasil, utilizando um software de código livre. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, p. 1515-1529, 2016.

CEASAPE - CENTRO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO (Ibimirim). **Projeto Minha Cidade, Minha Imagem**. Ibimirim: Ceasape, 2012.

CEBALLOS, G.; DAVIDSON, A.; LIST, R.; PACHECO, J.; MANZANO-FISCHER, P.; SANTOS-BARRERA, G.; CRUZADO, J. Rapid decline of a grassland system and its ecológicos land conservation implications. **PLOS One**, v. 5, n. 1, 2010.

CEREZINI, M. T.; FERREIRA, E. M. A. N.; GARCIA, E. S. L.; MALHEIROS, T. F. Indicadores de sustentabilidade para gestão dos recursos hídricos no contexto de campus universitário. **Revista gestão & sustentabilidade ambiental**, Florianópolis, v.6, n.2, p. 202-215, 2017.

CHAVEZ, J. L.; GOWDA, P. H.; MAREK T. H.; NEW, L. L. Evapotranspiration mapping using METRIC™ for region with highly advective conditions. *In*: ASABE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, Minneapolis. **Anais...** Minneapolis: ASABE, 2007.

CHEN, S.; CHEN, J.; LIN, G.; ZHANG, W.; MIAO, H.; WEI, L.; HUANG, J.; HAN, X. Energy balance and partition in Inner Mongolia steppe ecosystems with different land use types. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.149, p.1800-1809, 2009.

CHOGE, S. K.; PASIECZNIK, N.M. **The Challenges of Eradicating Prosopis in Kenya**. HDRA: London, UK, 2005.

CORUJO, L.; REVEZ, J.; SILVA, C. G. **Organização do conhecimento durante o processo de investigação**: utilização do ATLAS.ti em duas teses de Doutorado. En J. Tramullas, P. Garrido-Picazo y G. Marco-Cuenca (eds.) *Actas del IV Congreso ISKO España y Portugal 2019*. p. 349-361, 2020.

COSTA, F. A. **Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento de reservatório no semiárido do Nordeste**: Poço da Cruz (Pernambuco). 2019. 110 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Centro de Tecnologias e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2019.

COSTA FILHO, W. D.; DUARTE, W. **Hidrogeologia da bacia de Jatobá**: sistema aquífero Tacaratu/Inajá. 2008.

CPRM. **Projeto Cadastro de fontes de abastecimento de água subterrânea**. Diagnóstico do município de Ibimirim, estado de Pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CUNHA, B. G.; PEDROTTI, A.; BASTOS JÚNIOR, E. M.; SOBRAL, I. S. Seleção de indicadores de paisagem para as áreas ambientais em assentamento rural. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.4, p.326-335, 2018.

DAGAR, J. C. Ecology and management of some important species of Prosopis. *In*: TEWARI, J. C.; PASIECZNIK, N.; HARSH, L. N.; HARRIS, P. J. C. **Prosopis Species in the Arid and Semi-Arid Zones of India**. The Prosopis Society of India and the Henry Doubleday Research Association, 1998, p. 23-26.

DAKHIL, A.; EL-KEBLAWY, A.; EL-SHEIKH, M. A.; HALMY, M. W. A.; KSIKSI, T.; HASSAN, W. A. Global Invasion Risk Assessment of Prosopis juliflora at Biome Level: Does Soil Matter? **Biology**, v.10, n. 3, p. 203, 2021.

DALMAGO, G. A.; HELDWEIN, A. B.; NIED, A. H.; GRIMM, E. L.; PIVETTA, C. R. Evapotranspiração máxima da cultura de pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, da temperatura, da umidade relativa e do déficit de saturação do ar. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 785-792, 2006.

DAMASCENO, M. L. **Análise da biomassa florestal do polo gesseiro da região do Araripe – Pernambuco a partir de índices de vegetação**. 2020. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação). Centro de Tecnologia e Geociências - Departamento de Engenharia Cartográfica. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2020.

DUBOW, A. Z. **Mapping and managing the spread of Prosopis Juliflora in Garissa County, Kenya**. 2011. 81 p. Thesis Submitted in Partial Fulfilment for the Degree of Master

of Environmental Science in the School of Environmental Studies of Kenyatta University. 2011.

DUTRA, A. S. F. **Potencial fitorremediador da algaroba (*prosopis juliflora* (Sw.) DC.) e percepção quanto aos riscos toxicológicos associados a rejeitos de mineração no semiárido brasileiro.** 2019. 106 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2019.

ECKERT, S.; HAMAD, A.; KILAWA, C. J.; LINDERS, T. E. W.; NG, W.-T.; MBAABU, P. R.; SHIFERAW, H; WITT, A.; SCHAFFNER, U. Niche change analysis as a tool to inform management of two invasive species in Eastern Africa. **Ecosphere**, v. 11, n. 2, p. 1-28, 2020.

EISWERTH, M. E.; YEN, S. T.; KOOTEN, G. C. Factors determining awareness and knowledge of aquatic invasive species. **Ecological Economics**, v. 70, p. 1672-1679, 2011.

ELBEHAIRI, S. E. I.; AHMED, A. E.; ALSHATI, A. A.; AL-KAHTANI, M. A.; ALFAIFI, M. Y.; ALSYAAD, K. M.; ALALMIE, A. Y. A.; AHAMED, M. M. E.; MOUSTAFA, M. F.; ALHAG, S. K.; AL-ABD, A. M.; ABBAS, A. M. *Prosopis juliflora* leave extracts induce cell death of mcf-7, hep2, and ls-174t cancer cell lines. **EXCLI Journal**, v. 19, p. 1282-1294, 2020.

EL FADL, M. A., LUUKKANEN O. Effect of Pruning on *Prosopis juliflora*: Considerations for Tropical Dryland Agro-forestry. **Journal of Arid Environments**, v.53, n.4, p. 441-455, 2003.

ELLSWORTH, S. W.; CRANDALL, P. G C.; LINGBECK, J. M.; O'BRYAN, C. A. Perspective on the control of invasive mesquite trees and possible alternative uses. **Journal Forest Biogeosciences and Forestry**, v. 11, p. 577-585, 2018.

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

FARIAS, L. F.; ARAÚJO, J. M.; ALCÂNTARA, H. M.; TORRES, P. R. B. **Sustentabilidade: uma revisão dos principais indicadores.** In: I CONIMAS e III CONIDIS/2019 - Vol 2. Campina Grande: Realize Editora, 2020, p. 540-554. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/65056>>. Acesso em: 10 dez. 2022.

Fausto, M. A. **Estimativa do índice de área foliar e umidade do solo por imagens LANDSAT 8 em diferentes coberturas do solo na baixada cuiabana, MT.** 2018. 75 p. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

FERNANDES, M. F.; BARBOSA, M. P. Aplicações dos Indicadores Socioeconômicos e Ambientais no Modelo DPSIR (Força Motriz/Pressão/Estado/Impacto/Resposta) e Influências na Desertificação nos Municípios de Araripina-PI, Crato e Barbalha-CE e Marcolândia-PI. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, p. 722-737, 2011.

FERRAZ, J. S. F.; ALBUQUERQUE, U. P.; MEUNIER, I. M. J. Valor de uso e estrutura da vegetação lenhosa às margens do Riacho do Navio, Floresta, PE, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**. Belo Horizonte – MG. v. 20, n. 1, p. 125-134, 2006.

FIGUEIREDO, A. A. **Lebensmitteleigenschaften relevante ineralstoffe der scroten der algarobeira (*Prosopis juliflora* DC)**. 1975. 105 p. Tese (Doutorado em Lebensmittelwissenschaft und Technologie) Julius Maximilians. Universität Würzburg. Alemanha, 1975.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

FONSECA, R. C. **Análise de índices de vegetação (NDVI E SAVI) no estudo da dinâmica geoespacial e espectro-temporal da vegetação de caatinga, cultura irrigada e solo exposto do município de Petrolina/PE**. 2017. 78 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Cartográfica e Agrimensura) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

FOOLAD, F.; BLANKENAU, P.; KILIC, A.; ALLEN, R.G.; HUNTINGTON, J.L.; ERICKSON, T.A.; OZTURK, D.; MORTON, C.G.; ORTEGA, S.; RATCLIFFE, I.; FRANZ, T.E.; THAU, D.; MOORE, R.; GORELICK, N.; KAMBLE, B.; REVELLE, P.; TREZZA, R.; ZHAO, W.; ROBISON, C.W. Comparison of the Automatically Calibrated Google Evapotranspiration Application—EEFlux and the Manually Calibrated METRIC Application. **Preprints**, 2018.

FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. Del'Arco. **Sensoriamento remoto em agricultura**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 288p.

FORTE, E. C. N.; PIRES, D. P.; TRIGO, S. P.; MARTINS, M. S. A hermenêutica e o software ATLAS.ti: união promissora. **Texto & Contexto - Enfermagem**, v. 26, n. 4, p.1-8, 2017.

FRANCO, E. S. **Os discursos e contra-discursos sobre a algarobeira (*Prosopis* sp.) no cariri paraibano**. 2008. 86 p. Tese (Doutorado) - Curso de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

FRANCO, E. S. **Bioteχνologias adaptadas para o desenvolvimento sustentável do semiárido com o uso de *Prosopis* sp.** 2015. 53 p. Monografia (Curso de Licenciatura em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 2015.

FRANCO, E. S.; DANTAS-NETO, J.; FARIAS, M. S. S.; LIRA, V.M.; ARAÚJO, M. G. S. Viabilidade sócio ambiental da algaroba no cariri paraibano. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, n. 4, p. 232-248, 2010.

FRANCO, E. S.; DANTAS-NETO, J.; GUIMARÃES, J. P.; FARIAS, M. S. S.; LIRA, V. M. Comparação de indicadores químicos do solo após o plantio da algaroba. **Agropecuária Científica do Semiárido**, Patos, v. 11, n. 2, p. 61-66, 2015.

GABRIELSEN, P.; BOSCH, P. Environmental Indicators: Typology and Use in Reporting. **Internal Working Paper**, Copenhagen, 2003.

GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S.; CRUZ, C. B. M.; NEVES, R. J.; JESUS, P. H.; KREITLOW, J. P. Avaliação dos índices de vegetação NDVI, SR E TVI na discriminação de fitofisionomias dos ambientes do pantanal de Cáceres/MT. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 707-715, 2014.

GAMA, M. E. F.; AMADOR, M. B. M. A percepção da população do município de Monteiro - PB acerca da algarobeira. **Revista Homem, Espaço e Tempo**, v. 5, n. 1, p. 58-66, 2011.

GARCIA, A. C. S. M. **Estudo espaço temporal de áreas susceptíveis à desertificação no semiárido brasileiro**. 2018. 145 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2018.

GARCIA, A. C. S. M.; FILHO, J. C. A.; SILVA, H. P. S. P.; CARVALHO, R. M. C. M.O. Estudo espaço temporal de áreas susceptíveis à desertificação do semiárido brasileiro. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 8, n. 3, p. 352-370, 2019.

GARCIA, G. J. **Sensoriamento remoto: princípios e interpretação de imagens**. São Paulo: Nobel, 1982.

GEDEFAW, A. A.; ATZBERGER, C.; BAUER, T.; AGEGNEHU, S. K.; MANSBERGER, R. Analysis of Land Cover Change Detection in Gozamin District, Ethiopia: From Remote Sensing and DPSIR. **Perspectives Sustainability**, v. 12, p. 4534. 2020.

GEMEDA, W. S. **Invasion of Prosopis juliflora (Sw.) DC. and its ecological impacts in Afar National Regional State, Northeast Ethiopia**. 2020. 186 p. Thesis. Presented to the Graduate Programs of the Addis Ababa University. Addis ababa university, Ethiopia, 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIONGO, P. R. **Estimativa do balanço de radiação com técnicas de sensoriamento remoto e dados de superfície**. 2008. 92p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

GODOY, C. M. T.; GODOY, W. I.; VARGAS, T. O. O uso dos indicadores de sustentabilidade na agricultura familiar: contextualizando a experiência do sudoeste do Paraná. **Cadernos Zysmunt Bauman**, v. 11, n. 26, p. 186-207, 2021.

GOLDER, B.; MEG, G. **Cross-Cutting Tool Stakeholder Analysis**. 2005. Disponível em: <http://assets.panda.org/downloads/1_1_stakeholder_analysis_11_01_05.pdf>. Acesso em: 11 out. 2010.

GOMES, H. F.; SILVA, B. B.; CAVALCANTI, E.P.; ROCHA, H. R. Balanço de radiação em diferentes biomas no estado de São Paulo mediante imagens Landsat 5. **Revista Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 28, p. 153-164. 2009.

GOMES, L. C. F.; SANTOS, CARLOS, A. C.; ALMEIDA, H. A.; Balanço de Energia à Superfície para a Cidade de Patos-PB Usando Técnicas de Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 1, p. 15-28, 2013.

GOMES, R. P. A. **Algarobeira**. 1. ed. Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola, 1961.

GONÇALVES, G. S.; ANDRADE, L. A.; XAVIER, K. R. F.; SILVA, J. F. Métodos de controle de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (fabaceae) em áreas invadidas no semiárido do Brasil. **Ciências Florestais**, Santa Maria, v.25, n.3, p.645-653. 2015.

GUIMARÃES, E. S. **Estratégias de segurança hídrica e alimentar face as mudanças climáticas no arranjo produtivo local de fruticultura irrigada no sertão do Moxotó, Pernambuco (Brasil)**. 2015. 68 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Departamento de Tecnologia Rural. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. 2015.

GUSMÃO, A. C. V. L. **Obtenção do saldo de radiação através de imagens de satélite para a ilha do Bananal – TO**. 2011. 63 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande, 2011.

GUSMÃO, A. C. V. L.; SILVA, B. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; GALVÍNCIO, J. D. Determinação do saldo radiativo na ilha do Bananal, TO, com imagens orbitais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.10, p.1107-1114, 2012.

HAJI, J; MOHAMED, A. African Economic impact of *Prosopis juliflora* on agropastoral households of Dire Dawa Administration Ethiopia. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n.9, p. 768-779, 2013.

HDRA - HENRY DOUBLEDAY RESEARCH ASSOCIATION. **Prosopis (mesquite, algarrobo): invasive weed or valuable forest resource?** Forestry Research Programme. 2002.

HE, K. S., ZHANG, J.; ZHANG, R. Linking variability in species composition and MODIS NDVI based on beta diversity measurements. **Acta Oecol**, v. 35, p.14-21, 2009.

HESHMATI. I.; KHORASANI, N.; BAHMAN SHAMS-ESFANDABAD.; BORHAN RIAZI. Forthcoming risk of *Prosopis juliflora* global invasion triggered by climate change: implications for environmental monitoring and risk assessment. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 191, n. 72, p. 1-12, 2019.

HOSHINO, B.; KARAMALLA, A.; ABD ELBASIT, M.; MANAYEVA, K.; YODA, K.; SULIMAN, M.; ELGAMRI, M.; NAWATA, H.; YASUDA, H. Evaluating the Invasion Strategic of Mesquite (*Prosopis juliflora*) in Eastern Sudan Using Remotely Sensed Technique. **Journal of Arid Land Studies**, v. 4, p. 1-4, 2012.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295-309, 1988.

HUSSAIN, M. I.; SHACKLETON, R. T.; EL-KEBLAWY, A.; PÉREZ, M. D. M. T.; GONZÁLEZ, L. Invasive mesquite (*Prosopis juliflora*), an allergy and health challenge. **Plants**, v. 9, n. 2, p. 141, 2020.

IADH-GESPAR. **Instituto de Assessoria para o Desenvolvimento Humano**. Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável do Agreste. 2011.

IBIMIRIM. **Lei Orgânica Municipal** - Prefeitura de Ibimirim. 1990. Ibimirim, PE, 05 de abril de 1990. Disponível em: <http://transparencia.ibimirim.pe.gov.br/uploads/5198/1/atos-oficiais/lei-organica-municipal/1616683687_lei-organica-municipal-atualizada.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2022.

IBRAHIM, K. M. **Prosopis species in south-western United States, their utilization and research., em Dutton, R.W. (ed.)**. Durham, University of Durham, Centre for Overseas Research & Development, p.83-115, 1992.

ICRAF - International Centre for Research in Agroforestry. **A selection of useful trees and shrubs for Kenya**: Notes on their identification, propagation and management for use by farming and pastoral communities. Nairobi, Kenya: International Centre for Research in Agroforestry. 1992.

IDYEMA, G. M. **Integrated impact assessment of mesquite (*Prosopis juliflora*) on the livelihood of the Bura-tana community, Kenya**. 2011. 98 p. Thesis in Environmental Sciences - Wagenigen University, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama de Ibimirim**. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/ibimirim/panorama>>. Acesso em: 23 ago. 2019.

IQBAL, M. Z.; SHAFIQ, M. Seedling performance of two desert plant species (*Prosopis juliflora* and *Blepharissindica*) grown under uniform edaphic conditions. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 9, n. 4, p. 458-464, 1997.

ISHIHARA, M. I.; HIURA, T. Modeling leaf area index from litter collection and tree data in a deciduous broadleaf forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 151, n. 7, p. 1016-1022, 2011.

JENSEN, J. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

KASSAHUN, Z.; YOHANNES, L.; OLANI, N. *Prosopis juliflora*: Potentials and Problems. **Arem**, v. 6, 1-9. 2005.

KELLER, R. P.; LODGE, D. M.; LEWIS, M. A.; SHOGREN, J. F. **Bioeconomics of Invasive Species: Integrating Ecology, Economics, Policy, and Management**. Oxford University Press, New York. 2009.

KEMERICH, P. D. C.; RITTER, L. G.; BORBA, W. F. Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 4, p. 3718–3722, 2014.

KHARE, S.; LATIFI, H.; ROSSI, S.; GHOSH, S. K. Fractional Cover Mapping of Invasive Plant Species by Combining Very High-Resolution Stereo and Multi-Sensor Multispectral Imageries. **Forests**, v. 10, n. 7, p. 540, 2019.

KRISHNAN, P.; MEYERS, T. P.; SCOTT, R. L.; KENNEDY, L.; HEUER, M. Energy exchange and evapotranspiration over two temperate semi-arid grasslands in North America. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.152, p.31-44, 2012.

KULL, C. A.; SHACKLETON, P. J.; CUNNINGHAM, C.; DUCATILLON, J.; DUFOUR-DROR, K.J.; ESLER, J.B.; FRIDAY, A. C.; GOUVEIA, C. M. Adoption, use and perception of Australian acacias around the world. **Diversity and Distributions**, v. 17, p. 822–836, 2011.

KUMAR, S.; DEV, R.; YADAV, A.; PRAMENDRA.; TARIA, S.; ANURAGI, H.; RAM, A.; DEV, I. Invasive Weed “*Prosopis juliflora*” Coal: A Source of Income to Banni Inhabitants of Kachchh. **Agriculture & Environment**, v. 2, n. 7, 2021.

KYUMA, R. K. **Evaluation of *Prosopis juliflora* productivity of carbon stocks and animal feeds in selected dryland sites, magadi subcounty, Kenia.** 2016. 142 p. Thesis. (Philosophy in Dryland Resources Management) - Department of Land Resource Management and Agricultural Technology, Faculty of Agriculture, University of Nairobi, 2016.

LANDERAS, G.; ALFONSO, M.; PASIECZNIK, N. M.; HARRIS, P. J. C.; RAMIREZ, L. Identification of *Prosopis juliflora* and *Prosopis pallida* accessions using molecular markers. **Biodiversity & Conservation**, v. 15, p. 1829-1844, 2006.

LANDIM NETO, F. O. **Aplicação de indicadores do Modelo Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta - DPSIR:** subsídios para o 233 planejamento e gestão da bacia hidrográfica do Rio São Gonçalo – CE. 2016. 252 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Geografia, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

LIMA EP, SEDIYAMA GC, ANDRADE RG, LOPES VD, SILVA BB. Evapotranspiração Real Diária em Sub-bacias do Paracatu, Utilizando Produtos do Sensor Modis1. **Revista Ceres**, v. 61, n.1, p. 17-27, 2014.

LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.; UMMUS, M. E. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). **Revista Ambiente e Água**, v. 8, n. 2, p. 4136-1980, 2013.

LIMA, P. C. F. **Comportamento silvicultural de espécies de *Prosopis*, em Petrolina-PE, região semi-árida brasileira.** 1994. 126 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

LIMA, P. C. F. Recursos genéticos e avaliação do gênero *Prosopis* no Nordeste do Brasil. *In:* QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.

LINDERS, T. E. W.; SCHAFFNE, U.; ALAMIREW, T.; ALLAN, E.; CHOGE, S. K.; ESCHEN, R.; SHIFERAW, H.; MANNING, P. Stakeholder priorities determine the impact of an alien tree invasion on ecosystem multifunctionality. **People and Nature**. v.3, p. 658-672, 2021.

LOPES JÚNIOR, J. M.; MOURA, M. A. L.; QUERINO, C. A. S.; CARVALHO, A. L.; COSTA, N. B.; SANTOS, M. F. Comparação do saldo de radiação medido e estimado numa área de mata atlântica no litoral alagoano durante a estação chuvosa. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 29, p. 113-131, 2021.

MAITRE, D. L.; REYERS, B.; KING, N. National Core Set of Environmental Indicators. **Selection of Indicators Biodiversity and Natural Heritage**, v. 3, 2002.

MARINATO, R. **Levantamento da situação dos perímetros irrigados**. Agência de Cooperação Técnica do Brasil. Perímetro Irrigado do Moxotó. 2004.

MARTINS, A. P.; ROSA, R. estimativa do saldo de radiação na superfície utilizando imagens do sensor modis/aqua e o algoritmo sebal: estudo de caso para a bacia do rio paranafba, Brasil. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 18, n. 1, p. 1-23, 2020.

MARTINS, R. W. A. **Balancos de radiação e energia em área reflorestada com algaroba no Seridó do Rio Grande do Norte**. 2000. 122 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande – PB, 2000.

MBAABU, P. R.; SCHAFFNER, U.; GICHABA, M.; OLAGO, D.; CHOGE, S.; ORIAS, S.; ECKET, S. Spatial Evolution of Prosopis Invasion and its Effects on LULC and Livelihoods in Baringo, Kenya. **Remote Sensing**, v. 11, p. 1217, 2019.

MEIJER, S. S.; CATA CUTAN, D.; AJAYI, O. C.; SILESHI, G. W.; NIEUWENHUIS, M. The role of knowledge, attitudes and perceptions in the uptake of agricultural and agroforestry innovations among smallholder farmers in sub-Saharan Africa. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 13, n. 1, p. 40-54, 2015.

MELO, C. G. B.; FERNANDES, G.S.T.; LOPES, P.M.O.; OLIVEIRA, V.B.; PESSOA, V.G. Variação espaço – temporal da evapotranspiração em áreas de caatinga no sudoeste piauiense. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 7, n. 2, p. 11-17, 2021.

MELO, C. R. **Análise do eixo leste da transposição do Rio São Francisco face aos cenários de uso previstos**. 2010. 178 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

MELO, M. C. S. **Utilização de cinza de algaroba como matéria-prima alternativa para uso em blocos de solo-cal**. 2018. 105 p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande – PB. 2018.

MENDES, B.V. **Potencialidades de utilização da algarobeira (*Prosopis juliflora*) (SW) DC) no semi-árido brasileiro**. Mossoró: Coleção Mossoroense, 1989.

MERONI, M.; NG, W.T.; REMBOLD, F.; LEONARDI, U.; ATZBERGER, C.; HUSSEIN G.; SHAIYE, M. Mapping prosopis juliflora in west somaliland with landsat 8 satellite imagery and ground information. **Land Degrad Develop.**, v. 28, p. 494-506, 2017.

MIRA, E. O. **A utilização da algaroba como alternativa de desenvolvimento socioeconômico do Semiárido Baiano.** 2001. 71 p. Monografia (Curso de Bacharelado em Ciências Econômicas) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2001.

MIRIK, M.; ANSLEY, R. J. Comparison of Ground-Measured and Image-Classified Mesquite (*Prosopis glandulosa*) Canopy Cover. **Rangel. Ecol. Manag.**, v. 65, n. 1, p. 85-95, 2012.

MOHAMED, A. E. H. A; AZER, S. A. Taxonomic revision of genus *Prosopis L.* in Egypt. **International Journal of Environment**, v. 4, n.1, p. 13-20, 2015.

MOHAMED, A. H.; HOLECHEK, J. L.; BAILEY, D. W.; CAMPBELL, C. L.; DEMERS, M. N. Mesquite encroachment impact on southern New Mexico rangelands: remote sensing and geographic information systems approach. **J. Appl. Remote Sens.**, v. 5, n. 1, 2011.

MOSWEU, S. C., MUNYATI, T., KABANDA, M., SETSHOGO.; MUZILA, M. *Prosopis L.* Invasion in the South-Western Region of Botswana: The Perceptions of Rural Communities and Management Options. **Natural Resources**, v. 4, p. 496-505, 2013.

NASCIMENTO, C. E. S. **Comportamento invasor da algarobeira *Prosopis juliflora* (Sw) D.C. nas planícies aluviais da caatinga.** 2008. 115 p. Tese (Curso de Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

NASCIMENTO, M. F.; ROCCO LAHR, F. A. Emprego da algaroba (*Prosopis juliflora*) na produção de chapas de partículas homogêneas. **Revista Minerva**, v. 3, p.51-56, 2007.

NETTO, J. P. S. Indicadores de Sustentabilidade como Suporte ao Planejamento do Turismo: Aspectos Conceituais e Metodológicos. **Rosa dos Ventos**, v. 13, n. 1, 2021.

NG, W. T.; RIMA, P.; EINZMANN, K.; IMMITZER, M.; ATZBERGER, C.; ECKERT, S. Assessing the Potential of Sentinel-2 and Pléiades Data for the Detection of *Prosopis* and *Vachellia* spp. in Kenya. **Remote Sensing**, v. 9, n. 1, p. 74, 2017.

NIE, W.; YUAN, Y.; KEPNER, W.; ERICKSON, C.; JACKSON, M. Hydrological impacts of mesquite encroachment in the upper San Pedro watershed. **Journal of Arid Environments**, v. 82, p. 147-155, 2012.

NIEMEIJER, D.; GROOT, R. S. A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. **Ecological Indicators**, v. 8, p.14-25, 2008.

NOBRE, F. V. A algarobeira no nordeste brasileiro. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ALGAROBA*, 1982, Natal, RN. **Anais...** Natal, 1982.

NOVO, E. M. L. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** São Paulo: Blucher, 2010.

NUVOLONI, F. M. **Análise de risco e recuperação de áreas degradadas.** Valinhos: 2015.

OKAMOTO, J. **Percepção Ambiental e comportamento**: visão holística da percepção ambiental na arquitetura e na comunicação. São Paulo: Editora Mackenzie, 2002.

OLIVEIRA, F. X. **Impactos da invasão da algaroba – *Prosopis juliflora* (Sw) DC. - sobre o componente arbustivo-arbóreo da caatinga nas microrregiões do Curimataú e do Seridó nos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte**. 2006. 138 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

OLIVEIRA, L. M. M. **Estimativa da evapotranspiração real por sensoriamento remoto na bacia do rio Tapacurá - PE**. 2012. 136 p. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia Civil, Recife, 2012.

OLIVEIRA, V. R.; PIRES, I. E. **Pollination efficiency of *Prosopis juliflora* (Sw) DC in Petrolina, Pernambuco**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROSOPIS, 2 ed., 1986, Recife, PE. **Anais...** Embrapa Semiárido (CPATSA), 1988. p.233-239.

PARKER, I. M.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W. M.; GOODELL, K.; WONHAM, M.; KAREIVA, P. M.; WILLIAMSON, M. H.; VON HOLLE, B.; MOYLE, P.B.; BYERS, J. E.; GOLDWASSER, L. Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. **Biological Invasions**, v. 1, p. 3-19, 1999.

PASIECZNIK, N.; FELKER, P.; HARRIS, P.; HARSH, L.; CRUZ, G.; TEWARI, J.; CADORET, K.; MALDONADO, L. **The *Prosopis juliflora* - *Prosopis pallida* Complex: A Monograph**. HDRA, Coventry, UK. 2001.

PASIECZNIK, N., HARRIS, P. **Developing *Prosopis* as a valuable resource for dry zones**. HDRA, Coventry, UK. 2004.

PAVÃO, V. M.; QUERINO, C. A. S.; BENEDITTI, C. A.; PAVÃO, L. L.; SILVA QUERINO, J. K. A.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Variação espacial e temporal do saldo de radiação superficial em uma área do sul do Amazonas, Brasil. **RA'EGA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 37, p. 333-352, 2016.

PEREIRA, R. A.; ALCÂNTARA, C. R.; NETO, J. D.; BARBOSA, E. M. Análise espaço-temporal da cobertura vegetal e do avanço de *Prosopis juliflora* (SW) DC numa área de caatinga. **RA'EGA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 28, p. 154-180, 2013.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C. Meio ambiente, impacto ambiental e desenvolvimento sustentável: conceituações teóricas sobre o despertar da consciência ambiental. **Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 2, n. 4, p.35-57, 2012.

PERNAMBUCO. **Plano de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco**. Recife: Governo do Estado, 1998. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/down/PERHPE_volume8.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2022.

PERNAMBUCO. Resolução CONSEMA/PE n. 01 de 2018. Dispõe sobre as tipologias consideradas de impacto local para fins de licenciamento ambiental municipal. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**, Recife, PE, 19 de outubro de 2018.

PERNAMBUCO. Resolução CONSEMA/PE n. 02 de 2018. Altera dispões constantes nas Resoluções CONSEMA/PE nº 06/2016 e 01/2018, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**, Recife, PE, 14 de dezembro de 2018.

PMI – PREFEITURA MUNICIPAL DE IBIMIRIM. Lei complementar 602/2007, de 27 fevereiro 2007. Cria e disciplina o Plano Diretor do Município Ibimirim de Pernambuco. Ibimirim: PMI, 2007.

PONZONI; F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2. ed. – atualizada e ampliada – São Paulo: Oficina de textos, 2012.

PRETTI, K.; AVATAR, S. R.; MALA, A. Pharmacology and Therapeutic Application of *Prosopis juliflora*: A Review. **Journal of Plant Sciences**, v. 3, n. 4, p. 234-240, 2015.

PROFETA, A. L.; FARIA, S. D.; IMBUZEIRO, H. M. A. Estimativa da evapotranspiração real em área de relevo acidentado utilizando o SEBAL. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, n. 4, p. 1437-1469, 2018.

QUEIROZ, T. L. A.; CAVALCANTE, P. S.; As contribuições do software ATLAS.TI para análise de relatos de experiência escritos. *In: X CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO*, 10 ed., 2011, Curitiba, PR. **Anais...** Pontifícia Universidade Católica do Paraná, p.11775-117877. 2011.

RAI, R. K.; SCARBOROUGH, H. Understanding the effects of invasive plants on rural forest-dependent communities. **Small Scale Forestry**, v. 14, n. 1, p. 59-72, 2015.

RAMOS, R. R. D. **Aplicação do simple algorithm for evapotranspiration retrieving (SAFER) para a cana-de açúcar no Submédio do vale do São Francisco**. 2018. 61 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2018.

REIS, J. V. **Valoração dos serviços ambientais culturais das praias do município de Tamandaré, Litoral Sul do estado de Pernambuco, Brasil**. 2018. 135 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

REIS, M. S. A política de reflorestamento para o Nordeste Semi-Árido. *In: SEMINÁRIO SOBRE POTENCIALIDADE FLORESTAL DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO*, 1 ed, 1985, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Silvicultura, 1985. v. 37, p. 33-37.

REMBOLD, F.; LEONARDI, U.; NG, W.; GADAIN, H.; MERONI, M. Mapping areas invaded by *Prosopis juliflora* in Somaliland with Landsat 8 imagery. **Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XVII**, v. 9637, p. 1-12, 2015.

RILLO, G. B.; GOMES, M. F. Avaliação da cobertura vegetal por meio de índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) na bacia hidrográfica do Ribeirão Baguaçu, Estado de São Paulo, Brasil. *In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BIOGEOGRAFIA*, 2020, Tupã. **Anais...** Tupã - Presidente Prudente: ANAP - FCT/UNESP, 2020. v. 1. p. 496-506.

ROIG, F. A. Informe nacional para seleccion de germoplasma en especies de *Prosopis* de la República Argentina. *In: Contribuciones mendocinas a la quinta reunion regional para America Latina y el Caribe de la red de forestacion del ciid*. Unidades de Botánica y Fisiología Vegetal (IADIZA). Editores Mendoza - República Argentina, 1993.

SÁ, I. B.; RICHE, G. R.; FOTIUS, G.A. As paisagens e o processo de degradação do semi-árido nordestino. *In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. (Org.). Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2010. 402p.

SAAVEDRA, L. P. **Padrão de distribuição e adequabilidade de duas patativas (THRAUPIDAE: *sporophila*) e braquiárias na América do Sul**. 2020. 29 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Instituto Federal Goiano. Urutaí, 2020.

SALIN, T. C. **Caracterização de sistemas de produção no município de Ibimirim, região semiárida de Pernambuco: as bases para um planejamento agroflorestal**. 2010. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2010.

SAMPAIO, H. S.; BOURSCHEIDT, V.; L. H. SARRACINI, L. H.; JORGE, L. A. C.; BETTIOL, G. M.; BERNARDI, A. C. C. Comparação entre índices de vegetação obtidos por imagens aéreas com veículo aéreo não tripulado (vant) e satélite. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 14, n. 2, p. 111-124, 2020.

SANTOS, C. A. C.; WANDERLEY, R. L. N.; ARAÚJO, A. L.; BEZERRA, B. G. Obtenção do saldo de radiação em áreas de pastagem e floresta na Amazônia (estação seca) através do sensor MODIS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.3, 420-432, 2014.

SANTOS, C. M. **Conexão com a natureza, percepção ambiental e práticas pedagógicas de professoras/es em escolas de Alta Floresta – MT**. 2020. 121 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2020.

SANTOS, F. A. Uso de índice espectral para monitoramento da cobertura vegetal no município de Juazeiro do Piauí. **REGNE**, v. 4, n. especial, 2018.

SANTOS, J. G.; CÂNDIDO, G. A. Atividades turísticas e indicadores de sustentabilidade: Um estudo em um destino turístico brasileiro. **PASOS - Revista de Turismo y Patrimonio Cultural**, v. 16, n. 1. p. 37-54, 2018.

SANTOS, J. P. S. **Utilização e potencialidades socioeconômicas da algaroba (*Prosopis juliflora*) (Sw). D. c.) nas áreas rurais do semiárido do Rio Grande do Norte**. 2015. 121 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) – Faculdade de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Estadual do Rio Grande do Norte. Mossoró, 2015.

SANTOS, J. P. S.; DIODATO, M. A. Análise da invasão de *Prosopis juliflora* (Sw). D.C. na caatinga, no município de Fernando Pedrosa, Rio Grande do Norte. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 12, n. 1, p. 1-9, 2016.

SANTOS, J. P. S.; DIODATO, M. A.; GRIGIO, A. M.; PARANHOS FOLHO, A.C. Distribuição e análise dos processos de dispersão de árvores do gênero *Prosopis* nas áreas de proteção permanente da área urbana do município de Mossoró/RN. **GeoTemas**, v. 9, n. 1, p. 177-197, 2019.

SANTOS, N. A.; PEDREIRA, P. D.; SANTOS, K. A. Mapeamento dos fragmentos florestais de *Prosopis juliflora* a partir de sensoriamento remoto: subsídio aos estudos de suas implicações ambientais no bioma caatinga no norte da Bahia. In. XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA APLICADA e I CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2017, Campinas, SP. **Anais...** São Paulo: Instituto de Geociências – Unicamp, 2017.

SANTOS, P. R.; MOURA, M. S. B. PEREIRA, J. A. S. Algarobeira (*Prosopis juliflora*) (S.W) D.C.) no semiárido: Propostas de manejo e restauração ambiental para seu controle. In. X CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2019, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza-CE: IBEAS, 2019.

SANTOS, P. R.; ALEXANDRE, F. S.; GUEDES, M. J. L.; LUCENA, F. G.; CAVALCANTI, M. L. C.; SANTOS, M. O. Uso da algarobeira (*Prosopis juliflora*) (Sw.) DC) no semiárido: o caso da Ribeira do Riacho do Navio. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 16, n. 4, p. 47-61, 2020.

SANTOS, P. R.; LIMA, B. L. C.; ALEXANDRE, F. S.; SANTANA, V. V.; BEZERRA, J. E. G. Análise de impactos ambientais no perímetro irrigado do Moxotó, Pernambuco-Brasil. In: I CONGRESSO VIRTUAL DE ESTUDANTES E PROFISSIONAIS DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, 2020. Goiânia, GO. **Anais...** Ambiente Virtual, 2020.

SANTOS, P. R.; LIMA, B. L. C.; CARVALHO, A. A.; SILVA, H. P.; EL-DEIR, S. G.; RAMOS, R. P. S.; ALEXANDRE, F. S.; GARCIA, A. C. S. M.; LEAL, A. K. T. B. N.; SANTANA, V. V. Gestão de água na irrigação e modificações na cobertura do solo em reservatório artificial no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Territorial Sustentável GUAJU**, Matinhos, v.7, n.1, p. 180-212, 2021.

SANTOS, P. R.; MARCHETTI, M. C. Análise do plano diretor participativo de Ibimirim, Pernambuco: ineficiências e desafios. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 10, n. 20, p. 72-86, 2021.

SANTOS, P. R.; MOURA, M. S. B.; PEREIRA, J. A. S. Algarobeira (*Prosopis juliflora*) (S.W) D.C.) no semiárido: propostas de manejo e restauração ambiental para seu controle. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2019. Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza-CE: IBEAS, 2019.

SANTOS, P. R.; VASCONCELOS, G. S.; LIMA, B. L. C.; OLIVEIRA, D. A. S.; FELINTO, A. C.; SANTOS, C. G. ONG na produção de mudas no semiárido de Pernambuco: uma busca pela recuperação ambiental. **Revista Ambientale**, Maceió, v.10, n.3, p. 61-71, 2018.

SANTOS, T. C. G. **Avaliação de impactos, vulnerabilidades e estratégias de adaptação às mudanças climáticas no semiárido pernambucano**: estudo de caso do APL de agricultura familiar no Perímetro Irrigado do Moxotó – PIMOX, Sertão do Moxotó (Ibimirim – PE). 2018. 80 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2018.

SANTOS, W. S. S.; VANDERLEY, S. E. R.; SILVA, L. A. A.; SILVA, S. V. Caracterização fitoquímica do extrato aquoso da vagem da algarobeira (*Prosopis juliflora*). **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 11, n. 2, p. 927-930, 2021.

SCHLESINGER, W. H.; REYNOLDS, J. F.; CUNNINGHAM, G. L.; HUENNEKE, L. F.; JARRELL, W. M.; VIRGINIA, R. A.; WHITFORD, W. G. **Biological feedbacks in global desertification Science**, v. 247, p. 1043-1048, 1990.

SECO, M. A. O. **Comportamento espectral de plantas como ferramenta de determinação metodológica para monitoramento de espécies invasoras**. 2014. 190p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.

SENTHILKUMAR, P.; PRINCE, W.S.; SIVAKUMAR, S.; SUBBHURAAM, C.V. *Prosopis juliflora*-a green solution to decontaminate heavy metal (Cu and Cd) contaminated soils. **Chemosphere**, v. 60, p. 1493–1496, 2005.

SHACKLETON, C.M.; MCGARRY, D.; FOURIE, S.; GAMBIZA, J.; SHACKLETON, S. E.; FABRICIUS, C. Assessing the effects of invasive alien species on rural livelihoods: Case examples and a framework from South Africa. **Human Ecology**, v. 35, p. 113-127, 2007.

SHACKLETON, R. T.; MAITRE, D. C. L.; RICHARDSON, D. M. Stakeholder perceptions and practices regarding *Prosopis* (mesquite) invasions and management in South Africa. **Ambio**, v. 44, p. 569-581, 2015.

SHACKLETON, R. T.; MAITRE, D. C. L.; WILGEN, B. W. V.; RICHARDSON, D.M. Use of non-timber forest products from invasive alien *Prosopis* species (mesquite) and nativetrees in South Africa: implications for management. **Forest Ecosystems**, v.2, n.16, p. 1-11, 2015.

SHACKLETON, R. T.; RICHARDSON, D. M.; SHACKLETON, C. M.; BENNETT, B.; CROWLEY, S. L.; DEHNEN-SCHMUTZ, H. K.; ESTEVEZ, R. A.; ANKE FISCHER.; KUEFFER, C.; KULL, C. A.; MARCHANTE, E.; NOVOA, A.; LUKE J. POTGIETER.; VAAS, J.; VAZ, A. S.; LARSON, B. M. H. Explaining people's perceptions of invasive alien species: A conceptual framework. **Journal of Environmental Management**, v. 229, n. 1, p. 10-26, 2018.

SHANWAD, U. K.; CHITTAPUR, B. M.; S. N. HONNALLI, S. N.; SHANKERGOUD, I. GEBREMEDHIN, T. Management of *Prosopis juliflora* through Chemicals: A Case Study in India. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, v. 5, n. 23, p. 30-38, 2015.

SHERRY, M.; SMITH, S.; PATEL, A.; HARRIS, P.; HAND, P.; TRENCHARD, L.; HENDERSON, J. RAPD and microsatellite transferability studies in selected species of *Prosopis* (section *Algarobia*) with emphasis on *Prosopis juliflora* and *P. pallida*. **Journal of Genetics**, v. 90, n. 2, p. 251-264, 2011.

SHIFERAW, H.; BEWKET, W.; ALAMIREW, T.; ZELEKE, G.; TAKETAY, D.; BEKELE, K.; SCHAFFNER, U.; ECKERT, S. Implications of land use/land cover dynamics and *Prosopis* invasion on ecosystem service values in Afar Region, Ethiopia. **Science of the Total Environment**, v.675, p.353-366, 2019.

SHIFERAW, H.; TEKETAY, D.; NEMOMISSA, S.; ASSEFA, F.; Some biological characteristics that foster the invasion of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. at Middle Awash Rift Valley Area, north-eastern Ethiopia. **Journal of Arid Environments**. v. 58, p.135-154. 2004.

SILVA, B. B.; MENDONÇA, R. R. O.; SILVA, S. T. A.; FERREIRA, R. C. Mapeamento do albedo de áreas heterogêneas do estado do Ceará com imagens TM - Landsat 5. **Revista de Geografia**, v.25, n.2, 2008.

SILVA, B. G. S. **Percepção ambiental e aspectos socioeconômicos do município de Marapanim – Pará/Brasil**. 2019. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, 2019.

SILVA, C. G. M. **Processo biotecnológico para conversão de algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC) em etanol**. 2007. 104 p. Tese (Doutorado em Nutrição) – Programa de Pós-Graduação em Nutrição. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

SILVA, C. G. **Otimização do processo de produção da aguardente de algaroba e aproveitamento dos resíduos sólidos em produtos alimentares**. 2009. 219 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

SILVA, D. P. D.; SOUZA, J. P.; CAVALCANTI, R. M. F.; CLEMENTINO, L. C.; SOUZA, B. R. S.; BRITO, A. F. S.; QUEIROZ, J. C. F. Produção artesanal de aguardente a partir de algaroba (*Prosopis juliflora*) e sua aceitação por consumidores. **Revista Saúde e Ciência Online**, v. 3, n. 3, p. 230-239, 2014.

SILVA, F. O. S.; FABRICANTE, J. R. Invasão biológica no Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco, Brasil. **Revista de Ciências Ambientais – RCA**, Canoas, v.13, n. 2, 2019.

SILVA JUNIOR, L. A. S.; LEÃO, M. B. C. O software ATLAS.ti como recurso para a análise de conteúdo: Analisando a robótica no Ensino de Ciências em teses brasileiras. **Ciência Educ.**, v.24, p. 715–728, 2018.

SILVA, L. C.; SILVA, J. L. B.; MOURA, G. B. A.; SILVA, D. A. O.; LOPES, P. M. O.; NASCIMENTO, C. R.; SILVA, M. V.; BATISTA, P. H. D. Índices biofísicos e o saldo de radiação à superfície via sensoriamento remoto no Semiárido Pernambucano. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 6, n. 1, p. 12-23, 2021.

SILVA, M. A. Taxonomy and distribution of the genus *Prosopis* L. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROSOPIS, 2 ed., 1986, Recife, PE. **Anais...** Embrapa Semiárido (CPATSA), p.177- 185. 1988.

SILVA, M. F. **Uma análise do bioma caatinga no município de Gado-Bravo/PB através do índice de vegetação por diferença normalizada**. 2016. 51 p. Dissertação (Mestrado em

Ciência e Tecnologia Ambiental) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

SILVA, R. A.; SOBRINHO, M. F.; FELICIO, C. M. Análise de concepções docentes na educação de jovens e adultos à luz de teorias da aprendizagem. **Revista Atlante Cuadernos de Educación y Desarrollo**, p. 1989-4155, 2020.

SILVA, S. **Algarobeira (*Prosopis Juliflora* (Sw) DC) no Nordeste do Brasil**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Secretaria Nacional de Produção Agropecuária, Secretaria da Produção Animal, 1989. 74 p.

SILVA, V. B. **Diagnóstico da desertificação no município de Ibimirim-PE**. 2006. 88p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2006.

SIMÕES E. A. Q.; TIEDEMAN K. B. **Psicologia da Percepção**. v. 2, São Paulo: EPU, 1985. 212 p.

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. Balanço de energia e controle biofísico da evapotranspiração na Caatinga em condições de seca intensa. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 50, n. 8, p. 627-636, 2015.

STEIN, R. B. S.; TOLEDO, L. R. A.; ALMEIDA, F. Q.; ARNAUT, A. C.; PATITUCCI, L. T.; NETO, J. S.; COSTA, V. T. M. Uso do Farelo de Vagem de Algaroba (*Prosopis juliflora* (Swartz) D.C.) em Dietas para Equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p.1240-1247, 2005.

STOMS, D. M.; ESTES, J. E. A remote sensing research agenda for mapping and monitoring biodiversity. **International Journal of Remote Sensing**, v. 14, n. 10, p. 1839-1860, 1993.

SULIMAN, M.; NAWATA, H.; HOSHINO, B.; KARAMALLA, A. Mesquite Risk Mapping and Assessment in Tokar Delta-Eastern Sudan. **Journal of Nature Resources & Environmental Studies**, v. 3, n. 1, p. 9-13, 2015.

TAVARES FILHO, A. N. **Níveis da necessidade de gesso sobre as características físico-químicas e na correção de solos salino-sódicos do Perímetro Irrigado de Ibimirim – PE**. 2010. 81 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2010.

TAVARES, L. C.; COSTA, J. A.; ARAUJO, A. R. R.; GARCIA, F. H. M.; CARNEIRO, F. S.; AMARAL, A. P. M.; BRAGA, E. O.; GARCIA, T. S. O uso do índice de vegetação por diferença normalizada na análise multitemporal da cobertura vegetal no complexo industrial do município de Barcarena-Pará-Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. 1-19, 2021.

TEBOTH, M. G. L.; FEW, R.; ASSEND, M.; DEGEFUE, M. A. Valuing local perspectives on invasive species management: Moving beyond the ecosystem service-disservice dichotomy. **Ecosystem Services**, v. 42, p. 1-15, 2020.

TEMÓTEO, J. W. C. **Base municipal de informações das águas subterrâneas** - município de Ibimirim – PE. Recife: CPRM, 2000. 18 p.

TEWARI, J.C.; PASIECZNIK, N.M.; HARSH, L.N.; HARRIS, P.J.C. **Prosopis Species in the Arid and Semi-Arid Zones of India**. The Prosopis Society of India and HDRA, Coventry, UK. p. 23-26, 1998.

USGS - United States Geological Survey. **Shuttle Radar Topography Mission- SRTM com resolução 1-ARC (30m)**. Disponível em: <<https://Ita.cr.usgs.gov/SRTM>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

VALDIVIA, S.V. **Assentamento e desenvolvimento rural nas zonas marginais da costa Norte do Peru: Piura**. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE, Natal-RN. Algaroba. Natal, p. 90-111, 1982.

VASCONCELOS, P. B. **Interferências no sistema territorial sobre a formação da cooperação: Índícios a partir do Perímetro Irrigado do Moxotó – PE**. 2009. 116 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2009.

VILAR, F. C. R. **Impactos da invasão da algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.] sobre estrato herbáceo da caatinga: florística, fitossociologia ecitogenética**. 2006. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

VINUTO, J. A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto. **Temáticas**, Campinas, v. 22, n. 44, p. 203-220, 2014.

XAVIER, D. L. J.; VIEIRA, S. F. A.; COSTA, B. K.; Análise dos stakeholders pelo método de saliência: o caso de um banco de crédito consignado. **Revista de Administração FACES Journal**, v. 10, n. 2, p. 165-185, 2011.

WAN, C. O.; SOSEBEE, R. E. Water relations and transpiration of honey mesquite on 2 sites in west Texas. **Journal of Range Management**, v. 44, n. 2, p. 156-160, 1991.

WISE, R. M.; VAN WIGEN, B.W.; MAITRE, D.C. L. Costs, benefits and management options for an invasive alien tree species: The case of mesquite in the Northern Cape, South Africa. **Journal of Arid Environments**, v. 84, p. 80-90, 2012.

WUDAD, A.; ABDULAH, A. Expansion of *Prosopis Juliflora* and Land use Land Cover change in Korahey Zone of Somali Regional State, Eastern Ethiopia. **Journal of Materials and Environmental Science**, v. 12, n. 5, p. 728-737, 2021.

YAN, H.; WANG, S.; BILLESBACH, D.; OECHEL, W.; ZHANG, J.; MEYERS, T.; MARTIN, T.; MATAMALA, R.; BALDOCCHI, D.; BOHRER, G.; DRAGONI, D.; SCOTT, R. Global estimation of evapotranspiration using a leaf area index-based surface energy and water balance model. *Remote Sensing of Environment*, v. 124, p. 581 – 595, 2012.

ZACHARIADES, C.; HOFFMANN, J. H.; ROBERTS, A. P. Biological control of mesquite (*Prosopis* species) (Fabaceae) in South Africa. **African Entomology**, v. 19, n. 2, p. 402–415, 2011.

ZANOTTA, D. C.; FERREIRA, M.P.; ZORTEA, M. **Processamento de imagens de satélite.**
São Paulo: Oficina de textos, 2019.

APÊNDICE A – ROTEIRO PARA AS ENTREVISTAS



PROJETO DE PESQUISA: MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELA ALGAROBEIRA (*Prosopis juliflora*) Sw.) DC. AO LONGO DO PERÍMETRO IRRIGADO DO MOXOTÓ, IBIMIRIM - PE

FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS	
1- Data:	Hora:
2 - Nome:	
3- Município:	Localidade:
4-Data de estabelecimento do lote: _____	
5- Qual o tamanho de sua propriedade (em hectare)? _____	
6 - Idade: () até 25 anos; () 26 a 35; () 36 a 45; () 46 a 60; () mais de 60 anos;	
7 - Escolaridade: () Analfabeto; () Ensino Fundamental incompleto; () Ensino Fundamental Completo; () Ensino Médio Incompleto; () Ensino Médio Completo, () Ensino Técnico, () Ensino Superior;	
8- Relação com a terra: () proprietário; () arrendatário; () posseiro; () meeiro.	

Bloco A: histórico, atividades e usos da algarobeira

1) Desde quando existem árvores de algarobeira no seu lote ou propriedade?

- () Desde antes de 1985
- () De 1985 a 1995
- () De 2005 a 2015
- () De 2016 a 2020
- () Não existem árvores de algarobeira
- () Tinha árvores de algarobeira, mas foram cortadas.

2) Ao longo do tempo tem percebido alteração na propagação de árvores de algarobeira no Perímetro Irrigado do Moxotó - PIMOX?

- () Sim, para mais
- () Sim, para menos
- () Não percebe alterações

3) O (a) Senhor(a) acha que o tipo de solo e as atividades de agricultura irrigada desenvolvida no PIMOX contribuem ou influenciam na infestação da algarobeira?

Sim ()

Não ()

Mais ou menos ()

4) Qual finalidade do uso da algarobeira em seu lote ou propriedade?

1. () Alimentação para o rebanho: [] vagens para bovinos [] vagens para ovinos
[] vagens para caprinos []

2. () Alimentação humana: [] café [] farinha [] Óleo vegetal

3. () Redução do clima: [] sombreamento []

4. () Polinização de abelhas: [] Abelhas nativas [] Abelhas exóticas

5. () Uso da madeira: [] Estacas [] Produção de carvão [] Lenha [] Mourões

6. () Uso medicinal: [] folhas [] raízes [] galhos [] casca

7. Melhoria do solo: [] Uso de serrapilheira [] controle da salinização []

Outros? _____

5) Tem percebido algum tipo de melhoramento nos solos da sua propriedade em áreas invadidas pela algarobeira?

Sim ()

Não ()

Se sim, qual?

_____ -

_____.

Bloco B: impactos ambientais, manejo e métodos de controle

6) Quais os principais efeitos negativos que se tem observado com algarobeira no PIMOX?

1- [] Morte de animais; 2- [] Destruição de canais de irrigação; 3- [] Infestação de espinhos; 4- [] Dificuldade no uso e manejo do solo; 5- [] Diminuição de pastagens; 6- Desaparecimento e diminuição de espécies nativas; 7- [] Escassez de águas subterrâneas 8- [] Estrago e destruição de cisternas

Outros: _____

7) Se utiliza algum tipo de técnica para o controle da algarobeira nas áreas irrigadas do seu lote?

Sim ()

Não ()

Se sim, qual?

_____.

8) Quais são as áreas de maior propagação ou ocorrência da algarobeira ao longo do PIMOX?

1- [] Margens e leitos de rios (matas ciliares); 2- [] Áreas agrícolas irrigadas; 3- [] Áreas de pastagens; 4- [] Áreas de caatinga preservada 5- [] Áreas agrícolas de sequeiro; 6- [] Margens e leitos de drenos; 7- [] Áreas de caatinga alteradas (desmatadas)

9) Se faz a retirada de indivíduos ou árvores de algarobeira da sua propriedade?

Sim ()

Não ()

Se sim, com que frequência e/ou época do ano?

_____.

10) Faz corte de galhos para uso da madeira de algaroba em sua propriedade?

Sim ()

Não ()

Se sim, o qual período?

_____.

11) Faz coleta de vagens de algaroba em sua propriedade?

Sim ()

Não ()

Se sim, o qual período?

_____.

12) O Senhor tem conhecimento se o Poder Público (Prefeitura, Governo do Estado e Governo Federal) executam alguma ação ou atividade voltada para o manejo e controle da algarobeira na região do Sertão do Moxotó?

Sim ()

Não ()

Se sim, qual (s)?

Adaptado de Santos (2015).

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: “Monitoramento e avaliação de impactos ambientais provocados pela algarobeira (*Prosopis juliflora*) (Sw.) DC., ao longo do Perímetro Irrigado do Moxotó, Ibimirim - PE,”.

CAEE Nº: 29455320.9.0000.5208

Nome do (a) Pesquisador(a) responsável: Patrício Rinaldo dos Santos.

Você está sendo convidado (a) para participar da pesquisa que tem como objetivo identificar os impactos ambientais provocados pela algarobeira (*Prosopis juliflora*) (Sw.) DC. nos terrenos do Perímetro Irrigado do Moxotó – PIMOX, em Ibimirim, estado de Pernambuco. A referida pesquisa justifica-se em virtude de que se subentende que são escassos os estudos desenvolvidos no semiárido do nordeste brasileiro, que involucram a avaliação e determinação das áreas de invasão da algarobeira em áreas de produção agrícola familiar.

Sua participação é importante, porém, você não deve aceitar participar contra a sua vontade. Leia atentamente as informações abaixo e faça, se desejar, qualquer pergunta para esclarecimento antes de concordar.

A pesquisa será realizada por meio de amostragem propositada, dirigida e não-probabilística de 30 produtores rurais, os quais serão submetidos a entrevista semiestruturada contendo 12 quesitos abertos e fechados cada. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada. Como procedimento metodológico será usado a técnica de “bola de neve”. A pesquisa terá duração de aproximadamente dois meses (maio a junho do ano 2020) e os dados coletados serão analisados no software gratuito chamado Iramuteq. Em nenhum momento você será identificado.

Você não terá nenhum gasto e ganho financeiro por participar na pesquisa.

Os riscos diretos resultantes da participação do voluntário nesta pesquisa, como possíveis constrangimentos relativos as declarações e opiniões anunciadas durante as entrevistas, serão passíveis de ausência de assimilação da identidade do entrevistado e pela realização da entrevista em local seguro, de acordo com a escolha do voluntário.

Não serão gerados benefícios diretos como resultado desta pesquisa. Contudo, alguns benefícios indiretos poderão surgir, após a análise das entrevistas e compreensão do manejo e gerenciamento da algarobeira por cada produtor agrícola, como por exemplo, reflexão e

avaliação sobre os principais desafios ou impactos ocasionados pela propagação da planta em lotes ou propriedades pertencentes a esta localidade, de forma geral, e sobre os obstáculos e especificidades encontrados nesses campos agrícolas.

Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo ou coação.

Uma via original deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com você. Qualquer dúvida a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com: Patrício Rinaldo dos Santos pelo telefone (87) 9 9614 1891 residente no endereço Rua Presidente Vargas. nº 399 , Ibimirim-PE, CEP: 56580 – 000 e Magna Soelma Beserra de Moura pelo telefone (87) 9 9627 3679 lotada na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Rodovia BR-428, Km 152, s/n - Zona Rural, Petrolina - PE, CEP: 56302-970, respectivamente.

Recife, 20 de abril de 2020

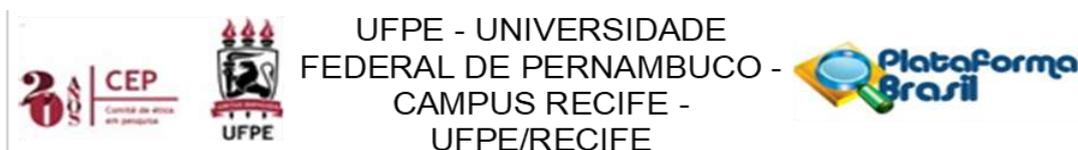
Assinatura dos pesquisadores

Assinatura dos pesquisadores

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

Participante da pesquisa.

APÊNDICE C – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP 3.985.218



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELA ALGAROBEIRA (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC. AO LONGO DO PERÍMETRO IRRIGADO DO MOXOTÓ, IBIMIRIM - PE

Pesquisador: PATRICIO RINALDO DOS SANTOS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 29455320.9.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE FILOSOFIA E CIENCIAS HUMANAS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.985.218

Apresentação do Projeto:

O projeto está centrado na questão da algarobeira ser considerada uma espécie invasora da flora encontrada em regiões áridas e semiáridas do globo terrestre, como em parte do Nordeste Brasileiro, sendo capaz de causar malefícios e benefícios socioambientais. A viabilidade de monitorar e avaliar total ou parcialmente os extratos arbóreos da espécie *Prosopis* em áreas de produção agrícola familiar com mecanismos sofisticados é uma alternativa pela qual pode subsidiar políticas públicas para o ativo controle da planta e reduzir os prejuízos na agricultura irrigada. Para este estudo pretende-se fazer uso de tecnologias de sensoriamento remoto (GPS, Drone, NDVI, LAI) para alcance dos resultados. Almeja-se com imagens e produtos de sensoriamento remoto (satélite e drone), elevar-se ao máximo o conhecimento dos agricultores acerca das áreas de maior expansão de algarobeiras.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: Identificar os impactos ambientais provocados pela algarobeira (*Prosopis juliflora*) (S.w) D.C. nos terrenos do Perímetro Irrigado do Moxotó – PIMOX, em Ibimirim, estado de Pernambuco.

Objetivo Secundário: i) Identificar por meio de tecnologias de sensoriamento remoto as propriedades (lotes) do Perímetro Irrigado do Moxotó – PIMOX com maior concentração da espécie

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 50.740-600

UF: PE

Município: RECIFE

Telefone: (81)2126-8588

E-mail: cepccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 3.985.218

exótica algarobeira (*Prosopis juliflora*); ii) Avaliar imagens do perímetro irrigado dos últimos 35 anos, identificando a expansão da algarobeira; iii) Diagnosticar a percepção socioambiental dos agricultores sobre a presença da algarobeira.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Os riscos diretos resultantes da participação do voluntário nesta pesquisa, como possíveis constrangimentos relativos as declarações e opiniões anunciadas durante as entrevistas, serão passíveis de ausência de assimilação da identidade do entrevistado e pela realização da entrevista em local seguro, de acordo com a escolha do voluntário.

Benefícios: Não serão gerados benefícios diretos como resultado desta pesquisa. Contudo, alguns benefícios indiretos poderão surgir, após a análise das entrevistas e compreensão do manejo e gerenciamento da algarobeira por cada produtor agrícola, como por exemplo, reflexão e avaliação sobre os principais desafios ou impactos ocasionados pela propagação da planta em lotes ou propriedades pertencentes a esta localidade, de forma geral, e sobre os obstáculos e especificidades encontrados nesses campos agrícolas.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O Projeto apresenta relevância ética, uma vez que poderá contribuir para melhorar a dignidade de cidadania e vida cotidiana dos habitantes da área a ser pesquisada, pois uma melhor compreensão do objeto da pesquisa poderá contribuir para um aproveitamento melhor da relação planta-solo-ecossistema.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresentados conforme às Normas em vigor.

Recomendações:

Não há recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Parecer favorável à aprovação por este Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da UFPE, uma vez que foram atendidas as exigências que o haviam posto em pendência.

Considerações Finais a critério do CEP:

As exigências foram atendidas e o protocolo está APROVADO, sendo liberado para o início da coleta de dados. Informamos que a APROVAÇÃO DEFINITIVA do projeto só será dada após o envio do Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via "Notificação", pela Plataforma Brasil. Siga as instruções do link "Para enviar

Relatório Final", disponível no site do CEP/CCS/UFPE. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao voluntário participante (item V.3., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Para projetos com mais de um ano de execução, é obrigatório que o pesquisador responsável pelo Protocolo de Pesquisa apresente a este Comitê de Ética relatórios parciais das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação (item X.1.3.b., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). O CEP/CCS/UFPE deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (item V.5., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). É papel do/a pesquisador/a assegurar todas as medidas imediatas e adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e ainda, enviar notificação à ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, junto com seu posicionamento.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1513453.pdf	20/04/2020 12:14:37		Aceito
Outros	carta.docx	20/04/2020 12:12:37	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_20.pdf	20/04/2020 12:09:37	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto.docx	20/04/2020 11:41:29	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEMaiores18_27.pdf	27/02/2020 12:13:54	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
Outros	carta.pdf	19/02/2020	PATRICIO RINALDO	Aceito

Outros	carta.pdf	16:40:54	DOS SANTOS	Aceito
Outros	lattes_josicleda.pdf	19/02/2020 16:37:06	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
Outros	lattes_magna.pdf	19/02/2020 16:35:09	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
Outros	lattespatricio.pdf	19/02/2020 16:34:30	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
Outros	termocompromisso.pdf	19/02/2020 16:31:02	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
Folha de Rosto	folha.pdf	19/02/2020 16:24:00	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracaopdf.pdf	19/02/2020 16:11:35	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

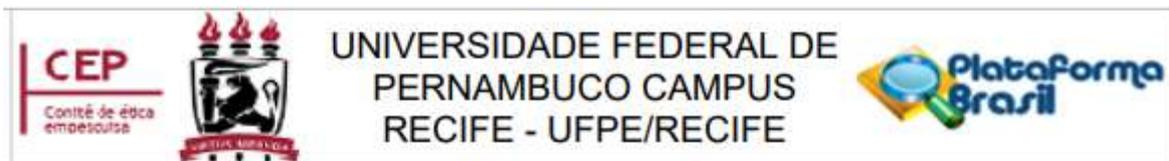
Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RECIFE, 22 de Abril de 2020

Assinado por:
**Gisele Cristina Sena da Silva Pinho
(Coordenador(a))**

APÊNDICE D – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP 6.026.205



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELA ALGAROBEIRA (*Prosopis juliflora*) (Sw.) DC. NO PERÍMETRO IRRIGADO DO MOXOTÓ, IBIMIRIM, PE

Pesquisador: PATRICIO RINALDO DOS SANTOS

Área Temática:

Versão: 5

CAAE: 29455320.9.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.026.205

Apresentação do Projeto:

Trata-se de Emenda ao projeto original com a finalidade de alteração do título da pesquisa. O projeto está centrado na questão da algarobeira ser considerada uma espécie invasora da flora encontrada em regiões áridas e semiáridas do globo terrestre, como em parte do Nordeste Brasileiro, sendo capaz de causar malefícios e benefícios socioambientais. A viabilidade de monitorar e avaliar total ou parcialmente os extratos arbóreos da espécie *Prosopis* em áreas de produção agrícola familiar com mecanismos sofisticados é uma alternativa pela qual pode subsidiar políticas públicas para o ativo controle da planta e reduzir os prejuízos na agricultura irrigada. Para este estudo pretende-se fazer uso de tecnologias de sensoriamento remoto (GPS, Drone, NDVI, LAI) para alcance dos resultados. Almeja-se com imagens e produtos de sensoriamento remoto (satélite e drone), elevar-se ao máximo o conhecimento dos agricultores acerca das áreas de maior expansão de algarobeiras.

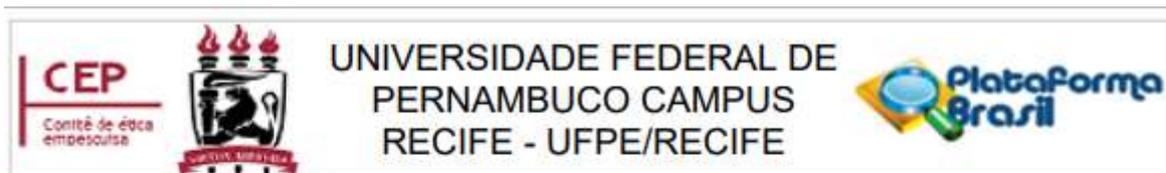
Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Identificar os impactos ambientais provocados pela algarobeira (*Prosopis juliflora*) (S.w) D.C. nos terrenos do Perímetro Irrigado do Moxotó – PIMOX, em Ibimirim, estado de Pernambuco.

Objetivo Secundário:

Endereço: Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 6.026.205

- i) Identificar por meio de tecnologias de sensoriamento remoto as propriedades (lotes) do Perímetro Irrigado do Moxotó – PIMOX com maior concentração da espécie exótica algarobeira (*Prosopis juliflora*);
- ii) Avaliar imagens do perímetro irrigado dos últimos 35 anos, identificando a expansão da algarobeira;
- iii) Diagnosticar a percepção socioambiental dos agricultores sobre a presença da algarobeira.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

"Riscos:

Os riscos diretos resultantes da participação do voluntário nesta pesquisa, como possíveis constrangimentos relativos as declarações e opiniões anunciadas durante as entrevistas, serão passíveis de ausência de assimilação da identidade do entrevistado e pela realização da entrevista em local seguro, de acordo com a escolha do voluntário.

Benefícios:

Não serão gerados benefícios diretos como resultado desta pesquisa. Contudo, alguns benefícios indiretos poderão surgir, após a análise das entrevistas e compreensão do manejo e gerenciamento da algarobeira por cada produtor agrícola, como por exemplo, reflexão e avaliação sobre os principais desafios ou impactos ocasionados pela propagação da planta em lotes ou propriedades pertencentes a esta localidade, de forma geral, e sobre os obstáculos e especificidades encontrados nesses campos agrícolas."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O Projeto apresenta relevância ética, uma vez que poderá contribuir para melhorar a dignidade de cidadania e vida cotidiana dos habitantes da área a ser pesquisada, pois uma melhor compreensão do objeto da pesquisa poderá contribuir para um aproveitamento melhor da relação planta-solo-ecossistema.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresentados conforme as Normas em vigor.

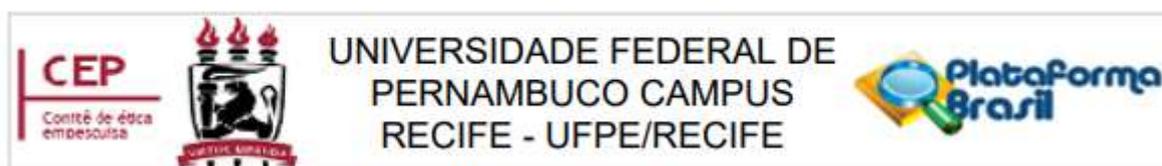
Recomendações:

Sem Recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Endereço: Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 6.026.205

Considerações Finais a critério do CEP:

A emenda foi avaliada e APROVADA pelo colegiado do CEP.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_2101091_E1.pdf	25/04/2023 14:46:12		Aceito
Outros	CARTA_RESPOSTA_AS_PENDENCIA S assinado.pdf	25/04/2023 14:31:50	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
Outros	Atadefesapdf.pdf	25/04/2023 14:27:57	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetop.docx	24/03/2023 14:24:15	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_20.pdf	23/03/2023 13:16:07	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	23/03/2023 13:11:58	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEMaiores18_27.pdf	27/02/2020 12:13:54	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
Outros	lattes_josicleda.pdf	19/02/2020 16:37:06	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
Outros	lattes_magna.pdf	19/02/2020 16:35:09	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
Outros	lattespatricio.pdf	19/02/2020 16:34:30	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
Outros	termocompromisso.pdf	19/02/2020 16:31:02	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracaopdf.pdf	19/02/2020 16:11:35	PATRICIO RINALDO DOS SANTOS	Aceito

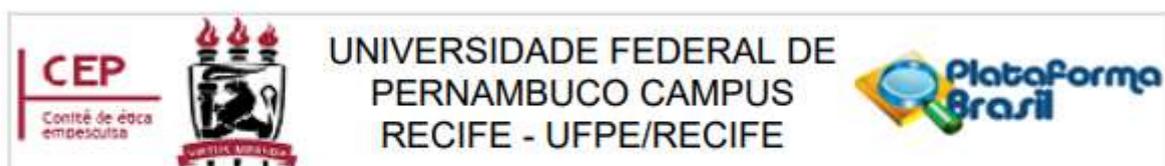
Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 6.026.205

RECIFE, 27 de Abril de 2023

Assinado por:
LUCIANO TAVARES MONTENEGRO
(Coordenador(a))