



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

MIRELLE TAINÁ VIEIRA LIMA

**SUSTENTABILIDADE E POTENCIAL PRODUTIVO DA BOVINOCULTURA NO
ESTADO DO CEARÁ**

CRATO

2020

MIRELLE TAINÁ VIEIRA LIMA

SUSTENTABILIDADE E POTENCIAL PRODUTIVO DA BOVINOCULTURA NO
ESTADO DO CEARÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável da Universidade Federal do Cariri, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Wagner Oliveira.
Coorientadora: M.^a Ana Cristina Lima Maia.

CRATO

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Cariri
Sistema de Bibliotecas

- L696s Lima, Mirelle Tainá Vieira.
Sustentabilidade e potencial produtivo da bovinocultura no estado do Ceará/
Mirelle Tainá Vieira Lima. – 2020.
133f.: il.; color.; enc. ; 30 cm.
(Inclui bibliografia p.114-124).
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Cariri, Centro de Ciências
Agrárias e Biodiversidade, Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável,
Crato, 2020.
Área de concentração: Ciências Ambientais.
- Orientação: Prof. Dr. Carlos Wagner Oliveira.
Coorientação: Prof^a. M.^a Ana Cristina Lima Maia.
1. Geoprocessamento. 2. Sensoriamento Remoto. 3. Zoneamento Agropecuário.
I. Título.

CDD 636.213

Bibliotecário: João Bosco Dumont do Nascimento – CRB 3/1355

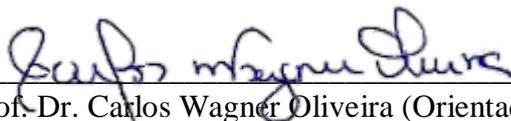
MIRELLE TAINÁ VIEIRA LIMA

SUSTENTABILIDADE E POTENCIAL PRODUTIVO DA BOVINOCULTURA NO
ESTADO DO CEARÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável da Universidade Federal do Cariri, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Aprovada em: 19/ 02/ 2020.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Carlos Wagner Oliveira (Orientador)
Universidade Federal do Cariri (UFCA)



M.ª Ana Cristina Lima Maia (Coorientadora)
Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE)



Prof. Dr. Antônio Néelson Lima da Costa
Universidade Federal do Cariri (UFCA)

A Deus.

Aos meus professores, à minha mãe, aos meus familiares, em especial à minha irmã Cleide.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Prof. Dr. Carlos Wagner Oliveira, pela paciente orientação, sem a qual não seria possível a realização deste trabalho.

Aos professores participantes da banca examinadora Antônio Néelson Lima da Costa e Ana Cristina Lima Maia pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

À professora Arielle Elias Arantes, pelas preciosas orientações.

Aos meus familiares pelo apoio.

Aos colegas da turma de mestrado e aos amigos, sempre presentes.

“Revolucionário é todo aquele que quer mudar o mundo e tem a coragem de começar por si mesmo”. – Sérgio Vaz

RESUMO

O impacto do setor agropecuário na a economia brasileira é indiscutível, visto que vem colaborando com resultados positivos na balança comercial anualmente, devido ao excelente desempenho nas exportações. Dessa forma, visando a importância da bovinocultura na cadeia agropecuária, sobretudo no Nordeste do Brasil, o presente estudo propõe um panorama da pecuária bovina no estado do Ceará quanto à sustentabilidade envolvida nesta atividade dentro do estado e o seu potencial produtivo. Esse diagnóstico foi alcançado por meio da construção de mapas e indicadores relativos às dimensões ambiental, socioeconômica e institucional. A capacidade ambiental foi determinada pelo clima, relevo, índice de vegetação, uso e ocupação do solo, pluviosidade, dentre outros. Haja vista a inerência das dimensões econômica e social, estas foram analisadas pelo aspecto socioeconômico, a partir de indicadores da capacidade de geração de renda para os municípios e produtores e a manutenção do homem no campo. Por sua vez, a visão institucional foi avaliada a partir das ações desempenhadas pelo estado a fim de fomentar a atividade, como investimentos em Pronaf e disponibilidade de Assistência Técnica Rural gratuita. Para tal, foram utilizados recursos de SIG e modelos matemáticos capazes de gerar mapas que demonstram esses fatores, bem como estatísticas, gráficos e a descrição verbal deste mapeamento. A espacialização permitiu uma análise mais dinâmica e clara das nuances presentes entre cada região. O estudo apresentou uma fração reduzida de áreas com boa aptidão para a pecuária nas regiões das principais bacias leiteiras do estado. Pode-se observar uma grande inconsistência na agropecuária cearense em não reconhecer nas localidades dentro de seu território a real aptidão e capacidade agrária. Em algumas situações, produz-se onde não há uma relação sustentável entre o meio e a atividade desenvolvida e ignoram-se regiões com maiores potenciais produtivos. Em alguns municípios, preponderantemente naqueles com economias mal desenvolvidas, o leite apresenta-se como um importante meio de sustentação para um grande número de famílias que vivem no meio rural. Pode-se observar a baixa disponibilidade de assistência técnica rural no estado frente ao grande número de DAPs ativas.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Sensoriamento Remoto. Zoneamento. Agropecuário.

ABSTRACT

The agricultural sector huge impact on the Brazilian economy is a fact, year after year, it has been preventing negative results in the trade balance of the country, also because of the excellent performance in exports. Thus, aiming at the importance of dairy activity in the agricultural chain, especially in the Brazil Northeast, this study proposes an overview of cattle ranching in the state of Ceará, regarding the sustainability behind this activity and the productive potential. This diagnosis was achieved through the construction of maps and indicators related to the environmental, socioeconomic and institutional dimensions. Environmental capacity was determined by climate, relief, vegetation index, land use and occupation, rainfall, among others. Given the inherence between the economic and social dimensions, these were analyzed like socioeconomic aspect, based on data about the capacity of income generation and maintenance of men in the countryside. In turn, the institutional vision was evaluated by the governmental actions to promote the activity, as Pronaf investments and availability of free Rural Technical Assistance. For this, were used GIS resources and mathematical models capable of generating maps to demonstrate these factors, as well as statistics, graphs and verbal description of this mapping. Spatialization allowed a more dynamic and clear analysis of the differences between each region. The study presented a small fraction of areas with good agricultural aptitude in the regions of the main dairy basins of the state. It is possible to observe a great inconsistency in Ceará's agriculture in not recognizing in the localities the real aptitude and agrarian capacity. In some situations, it occurs where there is no sustainable relationship between the environment and the activity developed and regions with higher productive potential are ignored. In some municipalities, particularly those with poorly developed economies, milk is an important means of support for a large number of families living in rural areas. The low availability of rural technical assistance in the state can be observed due to the large number of active PADs.

Keywords: Geoprocessing. Remote Sensing. Agricultural Zoning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização das estações meteorológicas em relação à hipsometria (Relevo) do Ceará.	39
Figura 2 - Fluxograma das etapas para a obtenção das temperaturas de superfície.	41
Figura 3 - Mapa de Temperatura média do Ar, estimada para o Estado do Ceará.	47
Figura 4 - Espacialização do Erro Absoluto.	50
Figura 5 - Mapa de localização das estações meteorológicas do INMET, utilizadas neste estudo.	51
Figura 6 - Estações Pluviométricas da Funceme com dados contínuos entre 1989 e 2018.	53
Figura 7 - Espacialização da Pluviosidade Média Mensal do estado do Ceará entre 1989 e 2018, com base nos dados disponibilizados pela Funceme.	55
Figura 8 - Mapa de Umidade Relativa do Ar (%), estimada para o Estado do Ceará.	56
Figura 9 - Mapeamento do Índice de Temperatura e Umidade – ITU no estado do Ceará.	60
Figura 10– Padrões para classificar uso do solo como: floresta (A), vegetação arbustiva (B) vegetação rasteira (C), solo exposto (D), água (E) e zona urbana (F).	65
Figura 11– Mapa Litológico do Ceará, classificado conforme a escala de vulnerabilidade à denudação das Rochas de Crepani <i>et al.</i> (2001).	67
Figura 12– Mapa da Pedologia do estado do Ceará, classificada de acordo com a escala de vulnerabilidade à denudação das Rochas determinadas por Crepani <i>et al.</i> (2001).	69
Figura 13 – Espacialização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI no estado do Ceará.	70
Figura 14 - Mapa de declividade do Estado do Ceará.	71
Figura 15 – Mapa de uso e ocupação do solo no estado do Ceará.	72
Figura 16 – Mapa de Erosividade das Chuvas no estado do Ceará.	73
Figura 17 - Mapa final de susceptibilidade à Erosão no Estado do Ceará.	74
Figura 18 - Fluxograma da análise ambiental.	75
Figura 19 - Mapa Geral da Dimensão Ambiental.	76
Figura 20 - Distribuição espacial do rebanho bovino no Estado do Ceará.	77
Figura 21 - Estatística zonal da avaliação ambiental em função do desempenho médio dos municípios.	78
Figura 22- Ranking dos 10 maiores PIB total do estado do Ceará.	84
Figura 23 - Ranking dos 10 maiores PIB agropecuário do estado do Ceará – 2016.	85

Figura 24 - Municípios com maior representatividade da agropecuária no PIB total – 2016..	86
Figura 25 - Mapeamento do PIB total A, agropecuário B e da representatividade do PIB agropecuário sobre o PIB total, obtida pela razão entre eles, em porcentagem C.....	87
Figura 26 - Ranking de municípios com maior número de estabelecimentos agropecuários do Ceará.	88
Figura 27 - Número de estabelecimentos agropecuários com bovinos (A), Número de estabelecimentos agropecuários que produziram leite de vaca (B); Número de estabelecimentos agropecuários que venderam leite de vaca cru (C) e Número de estabelecimentos agropecuários com mais de 50 cabeças de bovinos que venderam bovinos para abate (D).	89
Figura 28 - Número de estabelecimentos agropecuários que produziram bovinos sobre o número total de estabelecimentos agropecuários.	91
Figura 29 - Número de cabeças de bovinos nos estabelecimentos agropecuários (Cabeças) sobre o número de estabelecimentos agropecuários com bovinos (Unidades).	92
Figura 30 - Número de cabeças de bovinos nos estabelecimentos agropecuários sobre a área dos estabelecimentos, em hectares.....	93
Figura 31 - Quantidade produzida de leite de vaca (Mil litros) dividido pelo número de estabelecimentos agropecuários que produziram leite de vaca (Unidades).	95
Figura 32 - Valor da venda de leite de vaca cru (Mil Reais) dividido pelo número de estabelecimentos agropecuários que venderam leite de vaca (Unidades).....	96
Figura 33 - Valor da venda de cabeças de bovinos para abate nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 cabeças, sobre o número de estabelecimentos nas mesmas condições que venderam bovinos para abate.....	97
Figura 34 - Soma do valor da venda de cabeças de bovinos para abate nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 cabeças (Mil Reais) e do valor da venda de leite de vaca cru (Mil Reais) dividido pelo PIB agropecuário municipal.	98
Figura 35 - Representatividade do PIB agropecuário sobre o PIB total dos municípios (%). .	99
Figura 36 - A importância econômica da bovinocultura nos municípios do estado do Ceará.	100
Figura 37 - Mapeamento do número total de contratos de financiamentos pelo PRONAF (A), valor total dos contratos (B) e a razão entre o valor total de financiamentos pelo número de financiamentos (C).....	101
Figura 38 - Número de DAPs ativas (A) e inativas (B) no Estado do Ceará, por município.	103

Figura 39 - Mapeamento do número de profissionais de ATER disponibilizados pela Ematerce (A) e o índice de cobertura de assistência técnica, obtido pela proporção entre o número de DAPs ativas e o número de técnicos disponíveis (B).	104
Figura 40 - Ranking de municípios com as piores coberturas de Assistência Técnica Rural em 2018.....	105
Figura 41 - Grau de escolaridade dos produtores.	106
Figura 42 – Visão do apoio institucional à bovinocultura no estado do Ceará.	107
Figura 43 - Resultado Final.	109
Figura 44- Divisão Política do Estado do Ceará.....	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação de conforto térmico para bovinos através do ITU, segundo diversos autores.	32
Tabela 2 - Lista das imagens de satélite utilizadas no estudo, referenciadas pelo Caminho (Path) e Linha (Row), Data da fotografia, Horário de passagem do satélite no centro da cena, Porcentagem de cobertura de nuvem (%), Dia juliano (DOY).	40
Tabela 3 - Análise de Variância do modelo – Anova.	45
Tabela 4 - Base de dados para a validação do modelo de temperatura, a partir da normal climatológica do Inmet de 1990-2010 (valor observado).	48
Tabela 5 - Resultado da validação do modelo gerado para estimativa da temperatura média anual.	49
Tabela 6 - Classificação proposta do Índice de Temperatura e Umidade – ITU.....	59
Tabela 7 - Valores de vulnerabilidade dos solos.	62
Tabela 8 - Escala de vulnerabilidade à denudação das Rochas mais comuns.	63
Tabela 9 - Classes de declividade com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade. .	63
Tabela 10 - Classificação do índice de erosividade e índice modificado de Fournier - IMF, conforme Salazar & Quintero (2015).....	64
Tabela 11 – Pesos das variáveis utilizadas.	66
Tabela 12 - Variáveis sociais, econômicas e institucionais analisadas, obtidas do novo censo agropecuário do IBGE, referente ao ano de 2017.....	81
Tabela 13 - Variáveis analisadas na dimensão Econômica.	81
Tabela 14 - Índices obtidos por município cearense em cada dimensão analisada.	124

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATER	Assistência Técnica Rural
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DAP	Declaração de Aptidão ao Pronaf
DS	Desenvolvimento Sustentável
EUA	United States of America
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ITU	Índice de Temperatura e Umidade
SIG	Sistema de Informação Geográfica
PIB	Produto Interno Bruto
PRONAF	Programa Nacional de apoio à Agricultura Familiar
USDA	United States Department of Agriculture
UR	Umidade Relativa do Ar

LISTA DE SÍMBOLOS

% Porcentagem

R\$ Reais

US\$ Dólar

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	18
1.1 Objetivos Específicos.....	19
1.2 Hipótese.....	20
1.3 Justificativa.....	20
CAPITULO II - UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE SUSTENTABILIDADE E PECUÁRIA BOVINA	21
2.1 Dimensões da Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável.....	21
2.2 Breve panorama econômico da pecuária bovina na atualidade	24
2.3 Aspectos históricos e sociais da Bovinocultura.....	27
2.4 Importância do apoio institucional e programas de fomento ao Desenvolvimento Rural Sustentável	28
2.5 Dinâmica ambiental sobre a produção Bovina	30
2.5.1 Influência do clima Semiárido no Bem-estar e Adaptação de Bovinos Leiteiros	31
2.5.2 Influencia dos aspectos geomorfológicos na produção bovina	33
2.5.3 Degradação Ambiental x Conservação de Pastagens	33
2.5.4 Modelos Sustentáveis da Bovinocultura	35
2.6 Uso de Índices e Indicadores na Avaliação e Construção da Sustentabilidade	36
CAPÍTULO III – ANÁLISE DOS ASPECTOS AMBIENTAIS DO ESTADO DO CEARÁ SOB O OLHAR DA VIABILIDADE E POTENCIAL PARA A BOVINOCULTURA	38
3.1 Estimativa da temperatura média do ar no estado do Ceará por meio do sensoriamento remoto	38
3.1.1 Contextualização	38
3.1.2 Procedimentos	39
3.1.3 Resultados e Discussão	45
3.2 Predição e Espacialização da Umidade Relativa do Ar no Estado do Ceará	51

3.2.1	Contextualização	51
3.2.2	Procedimentos	51
3.2.3	Resultados e Discussão	55
3.3	Predição e espacialização Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para o estado do Ceará 58	
3.3.1	Contextualização	58
3.3.2	Procedimentos	58
3.3.3	Resultados e Discussão	59
3.4	Aplicação do geoprocessamento no estudo da susceptibilidade à erosão no estado do Ceará	62
3.4.1	Contextualização	62
3.4.2	Procedimentos	62
3.4.3	Resultados e Discussão	66
3.5	Visão Geral do potencial ambiental do Ceará para a bovinocultura	75
CAPÍTULO IV – ASPECTOS ANTRÓPICOS DA CRIAÇÃO BOVINA NO ESTADO DO CEARÁ: UMA VISÃO ECONÔMICA, SOCIAL E INSTITUCIONAL		80
4.1	Contextualização.....	80
4.2	Procedimentos Metodológicos	81
4.3	Resultados e Discussão	84
4.3.1	Desempenho econômico geral e agropecuário dos municípios.....	84
4.3.2	Perfil dos estabelecimentos produtores de bovinos no território cearense	88
4.3.3	Desempenho Econômico da pecuária bovina no Ceará.....	94
4.3.4	Visão Geral do aspecto econômico.....	99
4.3.5	Investimentos do PRONAF.....	101
4.3.6	Nível de cobertura de Assistência Técnica Rural – ATER.....	102
4.3.7	Nível de Escolaridade dos produtores	105
4.3.8	Visão Geral do apoio institucional recebido pela bovinocultura no estado do Ceará.	106

CAPÍTULO V – AVALIAÇÃO FINAL DA BOVINOCULTURA NO ESTADO DO CEARÁ.....	109
CAPÍTULO VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
REFERÊNCIAS.....	113
ANEXO I.....	124
ANEXO 2.....	129
ANEXO 3.....	130
ANEXO 4.....	132

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

Há um dilema clássico entre a produção de alimentos em larga escala e a manutenção da sustentabilidade dos sistemas, visto que, ao longo dos anos, ambos os conceitos têm sido vistos como separados, permanentemente opostos e impossíveis de caminharem juntos. Ao passo que o gado é apontado como um dos principais responsáveis pela emissão de gases do efeito estufa e pela degradação ambiental, a demanda crescente por alimentos, como carne e leite, impulsiona esta produção. De fato, a pecuária pode degradar ambientes após certo tempo de exploração, preponderantemente, se essa exploração tiver sido conduzida de maneira inapropriada ou em um ambiente não compatível. Obstante disto, a agropecuária vem sustentando a economia brasileira, impedindo os resultados negativos da balança comercial há anos. Deste modo, cabe aos produtores, pesquisadores e extensionistas pensar em ações e tecnologias que possam viabilizar este impasse.

Para a região semiárida do Nordeste brasileiro, a atividade pecuária é de extrema importância, sobretudo a criação de ruminantes, a qual tem se constituído, ao longo do tempo, na atividade básica das populações rurais distribuídas nos 95 milhões de hectares da região semiárida nordestina (NÓBREGA *et al*, 2011). Isto se dá em função das condições edafoclimáticas dessa região serem desfavoráveis à agricultura, de modo que as lavouras têm sido consideradas apenas como um subcomponente inexpressivo dos sistemas de produção predominantes, face à sua maior vulnerabilidade às limitações ambientais (NÓBREGA *et al*, 2011).

Conforme Souza & Souza (2016), para considerar a ação antrópica faz-se necessário elucidar a natureza incorporada ou recriada pelo mesmo. O autor afirma que a humanidade tem sido uma força dominante na evolução dos ambientes naturais que temos atualmente, gerando transformações que tanto podem degradar severamente um local, como promover o retorno a um estado altamente produtivo e diversificado.

Nesse contexto, as atividades econômicas como a urbanização, a criação bovina e a agricultura afetam a cobertura de vegetação devido às mudanças no uso da terra e ao desmatamento intensivo, gerando impactos no clima local, regional e global (MARENGO *et al*, 2011).

No conceito de Galvão *et al*. (2015), o desenvolvimento de pesquisas voltadas ao conhecimento da estrutura e da distribuição espacial da pecuária é importante para a definição de políticas de infraestrutura, transporte, logística, análise de viabilidade de projetos de desenvolvimento regional e de programas de colonização e assentamento.

Sabendo da complexidade de fatores que envolvem a atividade pecuária, é importante gerar panoramas e zoneamentos para analisar como está o avanço da atividade, se existem locais com aptidão que não estão sendo utilizadas para tal, se existem áreas em que a produção é incompatível com a capacidade, bem como a identificação de áreas degradadas. A elaboração do zoneamento de determinadas regiões tornou-se possível graças à maior disponibilidade de dados meteorológicos e ao avanço de sistemas de informações geográficas (SIG). O mapeamento dos dados permite transformar informação em conhecimento.

Desta forma, o presente estudo tem por principal objetivo gerar um panorama da pecuária bovina no estado do Ceará quanto aos aspectos: ambiental, socioeconômico e institucional, visando relacioná-los com os paradigmas do desenvolvimento sustentável.

Com a finalidade de alcançar os objetivos propostos, a pesquisa foi realizada por meio de fontes secundárias que usam os dados já coletados como fonte de informações por meio eletrônico, portanto conta de um procedimento bibliográfico e documental. Quanto à abordagem, trata-se de uma pesquisa tanto quantitativa, pela análise de dados numéricos, como qualitativa, pela busca em abstrair conclusões e compreender ou interpretar fatores sociais em sua totalidade. Quanto à natureza, é uma pesquisa aplicada, por lidar com dados secundários e aos objetivos trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva.

1.1 Objetivos Específicos

- Alcançar um diagnóstico do território cearense quanto a sua capacidade produtiva para a bovinocultura (determinada pelo clima, relevo, tipo de vegetação, disponibilidade de água, nível de degradação ambiental, número de produtores, etc.).
- Comparar o potencial produtivo cearense com a real produção existente, a fim de determinar se há uma relação sustentável entre os termos. Ou seja, se os locais onde se estabelecem maiores produções possuem capacidade em seu meio físico, para tal. Ou, se os locais onde há boa capacidade produtiva são devidamente explorados.
- Analisar o impacto econômico e social que esta atividade gera no estado, bem como, as políticas públicas de ATER e Pronaf.
- Identificar e explorar os resultados obtidos a partir da construção de mapas e gráficos, relativos às dimensões: ambiental, social, econômica e institucional.
- Realizar uma análise dinâmica acerca das nuances presentes entre cada região, através da espacialização dos resultados.

1.2 Hipótese

A bovinocultura no estado do Ceará é uma atividade com bastante potencial de geração de emprego, renda, manutenção do homem no campo, desenvolvimento regional e segurança alimentar. No estado do Ceará, existem locais com potencial produtivo onde o desenvolvimento da atividade, desde que executado de maneira sustentável, traria muitos retornos econômicos e sociais. Por fim, supõe-se que a atividade precisa de maior apoio institucional e respeito ao meio ambiente.

1.3 Justificativa

É sabida a grande multiplicidade de ambientes presentes no estado do Ceará, no que corresponde aos tipos de solo; clima; vegetação; habilidades, costumes e saberes dos produtores rurais de cada região, etc. Nesta diversidade, existem áreas exploradas e inexploradas, onde em ambos os casos podem ser áreas com grande capacidade produtiva ou seriamente degradadas.

Para o melhor desenvolvimento do setor é importante zelar pela responsabilidade legal e social do produtor em conservar seu território e mantê-lo produtivo, bem como o papel crucial das instituições governamentais de fomentar a produção. As instituições de pesquisa podem contribuir na compreensão dessa dinâmica rural, a fim de encontrar soluções para os problemas. Entretanto, este último fator precisa ser complementado pela extensão e assistência técnica rural para que haja a difusão deste conhecimento, visto que, muitas vezes a pesquisa não chega até o seu alvo principal, que são os produtores.

Da mesma forma, o mapeamento permite um melhor conhecimento sobre o que a sociedade tem realizado dentro de uma determinada área, lugar, território, região, do que compõe determinada extensão de terra, diagnosticando o que acontece na sua dinâmica natural ou social, dos processos aos quais foi submetido ao longo dos anos e, sobretudo, as formas que podem ser pensadas para a sua utilização e transformação futura.

O estudo e mapeamento desta atividade tão importante para o semiárido pode auxiliar na compreensão e na tomada de decisão por parte da gestão pública e sociedade para o planejamento e desenvolvimento do setor.

CAPITULO II - UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE SUSTENTABILIDADE E PECUÁRIA BOVINA

2.1 Dimensões da Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável

Há algumas décadas atrás, o conceito de desenvolvimento não instigava reflexões que fossem além da compreensão de crescimento econômico. Com o passar dos anos, no entanto, a intensificação e a velocidade da globalização, junto às preocupações sobre os impactos causados por esse crescimento, dentre outros fatores, contribuíram para a expansão deste ponto de vista. Não se pode mais pensar o desenvolvimento de forma tão unilateral, visto que não há mais sentido pensá-lo longe das dimensões ambientais, sociais, culturais, institucionais e demais aspectos que abraçam a pluralidade das atuais sociedades humanas.

De acordo com Feil & Schreber (2017), os termos sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, apesar de serem usados de forma sinônima, possuem conceitos diferentes. Para os mesmos, o termo sustentabilidade tem origem e foco no viés ambiental, que decorre das preocupações ambientais acerca da deterioração da ecologia global em prol do desenvolvimento econômico, tendo relação com a solução da escassez de recursos naturais vinculados a questões energéticas e recursos naturais. Enquanto que, o desenvolvimento sustentável objetiva o crescimento econômico sem agredir o meio ambiente, propondo mudanças em longo prazo que vão além da perspectiva ambiental, mas que também envolvem o comportamento da humanidade, através de estratégias, processos e práticas.

A evidente crise ambiental instalada no planeta desencadeou, a partir da década de 1970, o início de inúmeras reuniões conduzidas pela ONU, a fim de analisar os limites do crescimento das sociedades. Neste contexto, o primeiro relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU, elaborado em 1987 com o título de: “Nosso futuro Comum”, formulou a definição clássica para o desenvolvimento sustentável como “aquele que atende as gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem suas necessidades e aspirações”. Fala reforçada de forma concisa por Sachs (2008).

Entretanto, é suposto que o conceito de sustentabilidade surgiu no século XVI, quando a Alemanha se preocupava com a responsabilidade do uso da floresta de forma que permitisse sua regeneração e sua perenidade. Na visão da ecologia, todo ecossistema possui algum grau de sustentabilidade ou resiliência, que é a capacidade do ecossistema de se regenerar após desequilíbrios externos sem comprometer suas funções (CARVALHO & BARCELLOS, 2009).

Nesse sentido, Boff (2014) diz que a sustentabilidade em termos ecológicos é a dinâmica desempenhada pela Terra para manter o ecossistema equilibrado e evitar sua ruína. Para o mesmo autor, uma sociedade sustentável é aquela que se organiza e se comporta de tal forma que, através das gerações, consegue garantir a vida dos cidadãos e dos ecossistemas nos quais está inserida, junto com a comunidade de vida. O autor completa que quanto mais a sociedade se funda sobre recursos renováveis, mais sustentável se torna.

Para Carvalho & Barcellos (2009), a distinção entre os recursos renováveis e os não-renováveis, embora correta, induz a preocupação exclusiva com os recursos não-renováveis, entretanto, ambos são recursos exauríveis e devem ser preservados. Citam o exemplo do petróleo que é finito por não ser produzida na nossa escala de tempo e da água doce que pode ser consumida a taxas superiores a repostas pela natureza.

Por outro lado, conforme Benetti (2006), após a Revolução Industrial, ocorrida em meados do século XVIII, a história da humanidade passou a ser voltada quase que exclusivamente ao fenômeno do crescimento econômico. Segundo o mesmo autor, a consciência quanto aos problemas ambientais apenas se tornou um fenômeno politicamente significativo nos preparativos para a Conferência de Stockholm, na década de 70.

Até os dias atuais é perceptível que a primeira associação feita pelos membros da sociedade quando se fala em desenvolvimento é ao conceito de crescimento econômico, visto que este deriva da ideia de progresso, onde se encontra a chave do pensamento capitalista. Contudo, desenvolvimento não é sinônimo de crescimento. De acordo com Silva *et al.* (2009), “o crescimento refere-se aos níveis de produção e renda de uma população, ou seja, direciona-se apenas aos aspectos econômicos, enquanto que desenvolvimento se direciona à elevação do nível de [qualidade de] vida da população”.

Acredita-se que o primeiro documento a conceituar o termo “desenvolvimento sustentável” foi gerado no encontro internacional denominado ‘Estratégia de Conservação Mundial’ (The World Conservation Strategy), que foi uma publicação conjunta entre a instituição “International Union for Conservation of Nature and Natural Resources” (IUCN) com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), durante a década de 1970 e 1980 (IUCN *et al.*, 1980).

Neste novo paradigma, o desenvolvimento não é mensurado apenas em função do crescimento econômico, mas também dos avanços sociais, institucionais e da sustentabilidade ambiental, ressaltando a conservação da natureza e o bem-estar social a longo prazo, visando sempre o compromisso e a preocupação com as condições de vida das gerações vindouras (IBGE, 2004). Tendo em vista que a degradação ambiental e as constantes mazelas sociais

vistas na atualidade são claros sinais do fracasso alcançado pelo modelo de desenvolvimento dominante (SILVA *et al*, 2009).

De acordo com o IBGE (2004), o objetivo do desenvolvimento sustentável é integrar e harmonizar as ideias e conceitos ligados ao crescimento econômico, à justiça e ao bem-estar social, à preservação ambiental e o uso racional dos recursos naturais, ponderando as dimensões social, ambiental, econômica e institucional.

Sachs (2008) estabeleceu alguns critérios para chegar à sustentabilidade que se referem às três dimensões base desse estudo: a dimensão social, que se encarrega do alcance de igualdade social razoável, distribuição justa de renda, emprego com qualidade de vida e acesso igualitário aos recursos e serviços sociais; a dimensão ambiental engloba o respeito e realça a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais; e a dimensão econômica onde cabe o desenvolvimento econômico equilibrado entre setores, segurança alimentar, capacidade de inovação e autonomia da pesquisa científica e tecnológica.

Aprofundando o conceito de cada dimensão de acordo com a publicação do IBGE (2004) “Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente”, entendemos que o desenvolvimento sustentável, na perspectiva ambiental, propõe o uso moderado dos recursos naturais (não-renováveis) ou abaixo da capacidade de renovação, além da preservação de parcelas do ambiente natural, a fim de garanti-lo às futuras gerações. Em termos sociais, o desenvolvimento sustentável propõe a igualdade, tanto na distribuição das riquezas produzidas, como na garantia do acesso à educação e à saúde, à equidade de gêneros, etnias, classes sociais e religiões, etc., de forma que haja melhoria na qualidade de vida da população e justiça social (IBGE, 2004).

Quanto ao aspecto econômico, o desenvolvimento sustentável propõe o crescimento fundamentado no aumento da eficiência de uso da energia e dos recursos naturais, diminuição do consumismo e desperdício e uma maior consciência acerca dos impactos causados pelo uso dos recursos naturais (IBGE, 2004).

Por sua vez, “a dimensão institucional trata da orientação política, da capacidade e do esforço despendido pela sociedade para que sejam realizadas as mudanças necessárias à efetiva implementação deste novo paradigma de desenvolvimento” (IBGE, 2004, p. 101). Segundo a mesma fonte, o DS em termos institucionais, avalia o grau de participação e controle da sociedade sobre as instituições públicas e privadas, de engajamento em acordos internacionais, de disponibilidade de ferramentas do estado para tratar questões ambientais, de investimento em proteção ao meio ambiente, ciência e tecnologia, bem como do acesso à inovação (IBGE, 2004).

É importante que uma sociedade disposta a avaliar seu desenvolvimento e eficiência de seus mecanismos tenha uma base de informações que lhe possibilite fazer uma análise da situação em que se encontra, de forma a garantir um suporte adequado para a realização de avaliações que direcionem as decisões políticas em prol do desenvolvimento e sirvam para acompanhar o impacto gerado no contexto socioambiental.

Com isso, cabe pensar como uma sociedade sustentável pode diferir da sociedade de hoje. Mais do que uma questão técnico-científica, a sustentabilidade é uma questão ética (BURSZTYN et al, 2001). A sociedade precisa ter sabedoria e ética para lançar objetivos que estabeleçam a sustentabilidade, ter vontade para alcançá-los e maturidade de julgamento para percebê-las.

2.2 Breve panorama econômico da pecuária bovina na atualidade

A importância do setor agropecuário para a economia brasileira é indiscutível, visto que vem contribuindo para os resultados positivos na balança comercial anualmente, devido ao excelente desempenho nas exportações.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), o PIB total brasileiro em 2016 foi de 6,27 trilhões de reais, em que o agronegócio representou 1,48 trilhões de reais, um percentual correspondente a 23% do total. Onde, dentro da porteira, a agropecuária gerou R\$ 357.352 milhões. Os termos “antes da porteira”, “dentro da porteira” e “depois da porteira” se referem à cadeia do agronegócio, respectivamente, aos insumos necessários ao início produção e que devem ser adquiridos, a produção de fato e à armazenagem e comercialização.

Quanto às exportações brasileiras em 2017, conforme o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2018), o agronegócio arrecadou US\$ 96 bilhões (44%), enquanto que a indústria e a mineração foram responsáveis por US\$ 121 bilhões (56%). O Nordeste é a região com maior crescimento de exportações (2016-2017), correspondente a 27,2%, sendo que os principais compradores brasileiros são a China, União Europeia e EUA (PORTO, 2018).

Apesar disso, o estado do Ceará não tem participação considerável neste resultado. No Ceará, o PIB total em 2016 foi de R\$138.378 milhões e o agropecuário R\$ 6.509 milhões. Dessa forma, podemos concluir que 4,7% do PIB cearense deve-se a atividade agropecuária (IPECE, 2018).

Nesse contexto, a cadeia agroindustrial do leite e da carne bovina tem papel de destaque no agronegócio brasileiro sob o ponto de vista econômico e social, abrangendo todo o território nacional, tendo grande importância no suprimento de alimentos e na geração de emprego e renda (SILVA *et al*, 2017).

A alta produção brasileira é intensificada por diversos fatores favoráveis, presentes nas dimensões ambientais, socioeconômicas e culturais (CNA, 2017). Conforme Silva *et al* (2017), devido à grande extensão de terras agricultáveis e clima tropical e subtropical, o Brasil tem grande capacidade para produzir leite e carne, já que basicamente os animais são criados em sistema extensivo a base de pasto, proporcionando um custo relativamente menor do que em outros países. Segundo o mesmo autor, o Brasil possui potencialidade para a longo ou médio prazo, tornar-se um importante exportador de leite e seus derivados, como já ocorre com a carne bovina.

Segundo o departamento da agricultura dos EUA, o USDA (2018), o Brasil é o maior produtor e exportador de carne bovina do mundo, em 2018 produziu cerca de 9,9 milhões de toneladas de carne, exportou mais de 2 milhões de toneladas e obteve o segundo maior consumo do mundo, com 7.9 milhões de toneladas.

Quanto à produção leiteira, de acordo com o USDA (2018), o Brasil é o 6º (sexto) maior produtor e o 5º maior consumidor de Leite e o Terceiro maior produtor e consumidor de queijo do mundo. Em 2018, o Brasil produziu 85 mil toneladas de manteiga gastos internamente e importou mais 5 mil toneladas para completar o consumo, sendo que este também importou aproximadamente 25 mil toneladas de Leite Seco Desnatado. Produziu 585 mil toneladas de Leite Integral em Pó, dos quais exportou 2 mil toneladas, entretanto, consumiu 643 mil toneladas, sendo necessária a importação de mais 60 mil toneladas do mesmo produto. Segundo esses dados divulgados pelo USDA (2018), nota-se que o ramo brasileiro de leite bovino ainda é um setor que pode ser bastante explorado e intensificado.

Conforme dados do IBGE referentes à produção brasileira de Leite, no ano de 2017 foram adquiridos 24.116.947,35 litros de leite em todo território nacional e desse total 99,71% (24.080.265 litros) foram industrializados. Podemos afirmar, portanto, que quase todo o leite adquirido no Brasil passa por algum processo de industrialização e apenas 528.973,00 litros não sofreram o processo ou não foram registrados no total (IBGE, 2017).

Em 2017, o Brasil exportou mais de US\$ 112,5 milhões de dólares, que correspondem a mais 38,5 milhões de quilogramas de leite para o exterior, em contrapartida, importou um total de US\$ 561,9 milhões de dólares, equivalentes a mais de 169 milhões de kg de leite (USDA, 2018).

2.3 Aspectos históricos e sociais da Bovinocultura

A história da colonização do Ceará tem muito a dizer sobre as atuais condições de desenvolvimento social e cultural do estado, esta é marcada por longos embates e disputas de poder. Nesse contexto, o gado bovino está presente no Brasil desde os primeiros anos da colonização portuguesa (SILVA, BOAVENTURA e FIORAVANTI, 2012).

Conforme Schlesinger (2017), historiadores indicam a pecuária bovina como a principal responsável por desenhar os contornos da atual extensão territorial do Brasil, devido a sua importância econômica ao longo do tempo. Inicialmente, a produção bovina no Brasil tinha o objetivo de subsidiar a produção de cana de açúcar, que ocorria paralelamente como a primeira monocultura comercial no país e muito presentes no litoral do Ceará. A carne e o leite eram utilizados para alimentação dos trabalhadores das lavouras que ocupavam o atual litoral de Pernambuco e Bahia (SCHLESINGER, 2017).

De acordo com Martins (2010), a partir de 1637 os holandeses dominaram o Ceará, fato marcado pela conquista do Forte de São Sebastião, durando até o ano de 1644 quando foram expulsos pelos índios. Ao longo dos sete anos de dominação holandesa, os portugueses, expulsos, foram obrigados a emigrar para o interior do estado, quando começaram a instalar vários currais de criação de gado. O que pode justificar o fato das principais bacias leiteiras atualmente estarem localizadas na região central do estado.

Como explica detalhadamente o economista Leopoldo Costa (2011) em seu artigo “História da criação de gado no Ceará”, foram registradas duas frentes principais de ocupação do território cearense: a do ‘sertão de fora’, liderada por pernambucanos vindos do litoral, e a do ‘sertão de dentro’, guiada por baianos que navegavam o rio São Francisco e que conquistaram o sertão do sudoeste. O principal objetivo destas frentes era a criação de gado, em que os currais foram sendo instalados buscando identificar as raras fontes de água existentes no estado. “A técnica usada na construção era, portanto, regida pelo tempo social do criatório, marcado pela escassez de mão de obra, pela urgência da fixação, em um meio natural plasmado pela terra rachada, pela agressividade climática, pela falta de chuva, pela rara presença de pastagens, pela quase inexistência de rios perenes” (JUCÁ NETO, 2012, p.135).

A pecuária se constituiu numa atividade de tanta importância para o sertanejo que os historiadores começaram a falar que o Ceará havia se transformado numa “Civilização do Couro”, visto que o couro fazia parte de todos os objetos necessários à vida dessa população, incluindo vestimentas, revestimento de móveis, artesanatos, etc. (COSTA, 2011). Chaves

(2016) apresenta também a contribuição das charqueadas como atividade econômica que fortaleceu a concentração de poder dos criadores de gado, proporcionando o desenvolvimento de vilas como: Icó, Sobral, Granja, Camocim e Acaraú.

O Ceará sempre foi um estado marcado pela pobreza, que, ao longo de sua ocupação passou por secas severas que dizimaram tanto populações quanto produções agropecuárias. Como explica Chaves (2016), há uma vertente de historiadores que afirma que a escravidão foi pouco expressiva no estado do Ceará – e que liga o fato de ter sido a primeira província a libertar os escravos, antes mesmo da Lei Áurea, com o fato de os fazendeiros não disporem na época de recursos para alimentar nem os escravos nem o gado, que eram caros para se comprar e manter. Entretanto, Chaves (2016) afirma que o trabalho escravo foi fortemente estabelecido no Ceará, especialmente em lavouras de algodão.

2.4 Importância do apoio institucional e programas de fomento ao Desenvolvimento Rural Sustentável

A mudança na compreensão acerca do papel que espaço rural desempenha sobre a conservação e proteção dos recursos naturais é imprescindível. O espaço rural está cada vez mais sendo caracterizado por sistemas complexos, diversificados, integrados e interdependentes, em que o produtor rural se consolidou como protagonista no gerenciamento destes recursos (FERREIRA *et al*, 2012).

O desenvolvimento rural sustentável é essencial para a valorização das múltiplas funções desempenhadas pelas atividades agrícolas. Pesquisas realizadas por Gavioli *et. al.*, (2011), destacam quatro expressões da multifuncionalidade da agricultura familiar: Garantir a renda das famílias rurais; Promover a segurança alimentar das próprias famílias e da sociedade; Manter o tecido social e cultural; Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural.

A consolidação do desenvolvimento rural de uma localidade exige não apenas a expansão física de suas áreas exploradas, mas requer o aprimoramento das qualidades e oportunidades, para assim estabelecer os ganhos sociais, econômicos, ambientais, políticos e culturais, sem excluir a ética da solidariedade (COSTABEBER e CAPORAL, 2003).

Deste modo, faz-se necessário fomentar metodologias educativas e gerenciais, através da avaliação do desempenho econômico, social e ambiental dos estabelecimentos rurais, a fim de auxiliar o processo de tomada de decisões. A partir da análise da sustentabilidade de uma produção agropecuária, torna-se possível realizar um planejamento

técnico com visão holística entre os sistemas de produção e a conservação ambiental de acordo com os parâmetros da legislação vigente (FERREIRA *et al.*, 2012).

De acordo com Lopes e Brienza Junior. (2017), os produtores rurais, em especial os agricultores familiares, apresentam dificuldades nos processos de regularização ambiental de suas propriedades à legislação ambiental e às demais dimensões da sustentabilidade (econômica e social). Nesse sentido, os instrumentos das políticas ambientais federais e estaduais apontam caminhos ao produtor rural de conciliar a eficiência econômica com a responsabilidade social e ambiental.

Atualmente, observa-se uma tendência pela falta de interesse das novas gerações em permanecerem no campo para o exercício de atividades rurais, visto que configura um trabalho árduo, que oferece riscos, exige dedicação, tempo e muitas vezes apresenta menor lucratividade que as oportunidades de emprego nos centros urbanos, incentivando, assim, o êxodo e a pressão dos grandes centros para suportar o aumento populacional em estrutura e geração de empregos.

Contraopondo-se aos retornos mais rápidos e maiores dos investimentos urbanos, as áreas rurais geralmente carecem de um maior apoio em termos de seu desenvolvimento organizacional e territorial. E como qualquer outra atividade econômica, requer investimento, inovação e a presença de projetos que fomentem esse desenvolvimento, sendo essencial o apoio de políticas públicas ou privadas (ROVER *et al.*, 2016) que, por sua vez, constitui uma das principais deficiências. Conforme o IBGE, os valores investidos em financiamento às propriedades produtoras ainda não atingem a maior parte dos estabelecimentos no país, financiando apenas 15% dos estabelecimentos.

Simões *et al.* (2009), estudando diferentes sistemas de produção leiteira no Mato Grosso do Sul, identificaram que a pouca especialização da atividade acarreta em perdas para a Cadeia Produtiva do Leite, associadas à alta sazonalidade de produção e, conseqüente, volatilidade de preços; deficiências de gerenciamento e planejamento; desestímulo dos produtores por não receberem melhor remuneração por um leite de melhor qualidade; difusão de práticas de manejo não adequadas para a produção de leite e o desconhecimento de técnicas adequadas e carência do controle zootécnico.

No tocante ao amparo técnico e financeiro das atividades agropecuárias no estado do Ceará, a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará - Ematerce - é um dos órgãos responsáveis pelo desenvolvimento do setor. A Ematerce é um órgão público estadual, de direito privado, sem fins lucrativos, vinculada à Secretaria do Desenvolvimento Agrário do estado do Ceará – SDA. Os serviços de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) são

essenciais para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar, principalmente, no que se refere à inserção e viabilização de novas práticas agroecológicas.

2.5 Dinâmica ambiental sobre a produção Bovina

2.5.1 *Influência do clima Semiárido no Bem-estar e Adaptação de Bovinos Leiteiros*

O Brasil é privilegiado pela vasta disponibilidade de terras e clima favorável a produção da maioria dos alimentos. Neste contexto, pecuária bovina no país é, de longe, a atividade econômica que ocupa a maior extensão de terras (SCHLESINGER, 2017). Sua grande diversidade climática é atribuída, dentre vários outros fatores, à sua fisionomia geográfica, à extensão territorial, ao relevo e à dinâmica das massas de ar (SAMPAIO *et al.*, 2011).

Basicamente, a produção de bovinos na pecuária brasileira se dá por sistemas extensivos de criação. Que, para Cattelan (2013), este fator pelo qual os animais são submetidos torna-os bastante susceptíveis aos problemas decorrentes das intempéries climáticas. No caso do estado do Ceará, predomina o clima tropical semiárido, onde as temperaturas são elevadas durante todo o ano, as chuvas concentram-se num curto período de três ou quatro meses em média e a umidade varia de acordo com a pluviosidade. Esse ambiente pode ser limitante à produção, visto que a temperatura do ar é considerada o principal fator climático com influência sobre o ambiente físico do animal (MCDOWELL, 1974), bem como a umidade atmosférica, que é fator de grande influência sobre o equilíbrio térmico (YOUNG, 1988).

Este quadro se agrava, pois, o aumento da produtividade das fazendas leiteiras no Brasil deve-se principalmente a difusão de material genético oriundo da Europa e América do Norte (BOND, 2012). Ou seja, são animais adaptados a climas temperados, o que agrava a limitação produtiva em algumas regiões do país.

Apesar da região semiárida do Nordeste brasileiro ter a criação de ruminantes como a principal parcela da produção animal, a zona de clima semiárido é caracterizada por altas taxas de radiação solar e temperatura na maior parte do ano, causando desconforto térmico a estes animais, sobretudo às raças mais produtivas oriundas de clima temperado (SOUSA JÚNIOR *et al.*, 2008).

Com isto, houve a necessidade de utilização de raças Zebuínas, naturalmente adaptadas, e a preservação de raças nativas menos produtivas, mas que podem constituir um instrumento para melhorar a rusticidade de bovinos de alta produtividade, mas de baixa

capacidade de adaptação. A maior parcela da produção de leite no Brasil tem origem de bovinos mestiços de zebuínos, dentre os quais os resultantes do cruzamento Holandês x Gir ocupam posição de destaque (FACÓ *et al.*, 2005). De acordo com Costa (2014), a bovinocultura no estado do Ceará é voltada à produção leiteira, com animais mestiços, especialmente da raça Girolando, com os cruzamentos $\frac{1}{2}$ Holandês $\frac{1}{2}$ Gir e $\frac{3}{4}$ Holandês $\frac{1}{4}$ Gir.

A produtividade e a expressão do máximo potencial genético do animal é limitado pelas condições do ambiente no qual está inserido. Por mais que tenham em sua composição genética características de alta produção, a manifestação do fenótipo é determinada pelo genótipo associado às condições do ambiente. Ou seja, o animal só pode desenvolver o seu máximo potencial produtivo se lhes for dado condições necessárias para tal, as quais envolvem boa alimentação, clima adequado, bom manejo e controle da sanidade, dentre outros fatores (ALENCAR e POTT, 2003).

Atualmente, nos países desenvolvidos, e também no Brasil, cada vez mais a sociedade exige dos criadores medidas que aliviam o estresse e o sofrimento dos animais. Existe uma demanda do mercado consumidor por processos criatórios que sejam ecologicamente corretos, eticamente defensáveis, socialmente justos e importantes para a comunidade que pretendem atender (FRASER & BROOM, 1990). Os produtos derivados de animais criados com bem estar possuem valores agregados, tanto nos aspectos éticos, quanto econômicos, atendendo a um público específico de consumidores (BOND *et al.*, 2012). Para Costa (2004), é possível desenvolver práticas de criação que aliem bons índices de produtividade e alta qualidade do produto ao bem-estar dos animais.

O bem-estar pode ser medido a partir de indicadores fisiológicos e comportamentais, e que está associado ao estresse de forma inversamente proporcional (SOUSA JÚNIOR *et al.*, 2008). No entanto, o uso da climatização artificial reduz o estresse térmico e adequa o meio para minimizar as perdas produtivas e/ou incrementar a produtividade (CATTELAM, 2013).

A adaptação de um animal se refere às modificações nas características morfológicas, anatômicas, fisiológicas e de conduta de um animal em resposta a ação de fatores ambientais. À medida que o ambiente impõe desafios ao animal, maior será a sua dificuldade em se adaptar e, conseqüentemente, menor será seu grau de bem-estar (BOND *et al.*, 2012). A adaptabilidade de um animal é medida pela sua capacidade de se regular a um ambiente de clima adverso, mantendo o desempenho produtivo, reprodutivo, no baixo índice de mortalidade e na resistência às doenças (HAFEZ, 1973).

Para Bond *et al.* (2012), a viabilidade da pecuária leiteira nacional com vista para a qualidade de vida dos animais no Brasil, ainda é um assunto desconhecido pela escassez de publicações nesta área. É preciso aprofundar o conhecimento sobre a biologia da espécie de interesse e definir limites éticos, visto que grande parte da discussão acerca do bem-estar animal está em torno da responsabilidade humana, de suas ações praticadas e o que poderia fazer a respeito, o que constitui, portanto, uma questão ética.

2.5.1.1 Índice de temperatura e umidade – ITU

Os principais elementos climáticos que influenciam o estresse térmico em bovinos leiteiros são a temperatura do ar (TA) e a umidade relativa do ar (UR). Esses fatores foram incluídos no modelo matemático desenvolvido THOM (1959), denominado índice de temperatura e umidade – ITU, que é ainda hoje um dos modelos de medição de bem estar animal mais utilizados em todo o mundo, pela sua simplicidade e eficiência.

Diversas pesquisas indicam a queda da produção de leite com o aumento do índice de ITU. Conforme Costa (2014), há certa aproximação de valores do ITU para indicar conforto ou estresse térmico entre os pesquisadores, como pode ser observado na tabela 1 a seguir.

Tabela 1- Classificação de conforto térmico para bovinos através do ITU, segundo diversos autores.

Autor	Conforto	Alerta	Perigo	Emergência
Rosenberg <i>et al.</i> (1983)	< 75	75 – 78	79 – 83	> 83
Hahn (1985)	< 71	71 – 78	79 – 83	> 83
Baêta (1985)	< 74	74 – 78	79 – 84	> 84
Du Prezz <i>et al.</i> (1990)	< 72	72 – 78	79 – 82	> 82
Junior (2001)	< 70	70 – 72	72 – 82	> 82
Brown-Brandl <i>et al.</i> (2005)	< 74	74 – 78	78 – 84	> 84
Assís <i>et al.</i> (2016)	< 74	74 – 78	78 – 84	> 84

Fonte: Pesquisa própria.

A sensibilidade de vacas de leite ao estresse térmico está bem evidenciada, e índices como o ITU auxiliam na detecção de perdas na produção, deficiências reprodutivas e distúrbios na aclimação dos animais (COLLIER *et al.*, 2006; CERUTTI *et al.*, 2013).

2.5.2 Influencia dos aspectos geomorfológicos na produção bovina

De acordo com Bertolini e Valadão (2009), a Geomorfologia é o ramo da ciência que estuda as formas dos relevos terrestres, seus processos de formação e transformação, bem como, a maneira como a sua interferência se manifesta na organização socioespacial e a dinâmica espaço-temporal. O relevo também está associado a fatores como litologia, clima e vegetação.

Conforme Mabessone (1978), algo que se destaca nas formas de relevo presentes nos sertões semiáridos do Nordeste brasileiro é a enorme extensão de áreas planas ou quase planas. Onde, nessas regiões, as áreas planas se estendem da costa para o interior, com elevação gradual de altitude à medida que sai de áreas sedimentares, denominadas superfícies dos tabuleiros, para o cristalino chamado de superfície sertaneja, em que apresenta maior aridez, com topos predominantemente arredondados em forma de montanhas isoladas, serras e chapadas. Na superfície sertaneja também são inseridas as depressões periféricas, que constituem áreas baixas localizadas ao lado dos relevos positivos.

Contextualizando à produção bovina, a declividade do terreno gera impacto na produtividade do leite e qualidade da carne, considerando que a atividade se dá basicamente por sistema extensivo onde os animais ficam soltos no pasto, um relevo muito acidentado iria demandar um maior esforço destes animais para sua locomoção, que geraria cansaço e uma maior demanda energética gasta em função do esforço físico gerado, levando, conseqüentemente, a perda de produtividade, lucratividade e bem-estar animal. BRÁZ (2001) sugeriu que a declividade interfere no comportamento do animal. Além disso, relevos mais acidentados ou montanhosos são mais susceptíveis a erosão, que constitui o carregamento de partículas do solo pela chuva de lugares mais altos para lugares mais baixos e planos (tabuleiros) onde são depositadas, cujo fator é responsável por aumentar a fertilidade dos vales em detrimento da diminuição da fertilidade do solo em áreas com grande declividade, quando expostas ao intemperismo e com ausência de cobertura vegetal (AMORIM *et al*, 2001).

2.5.3 Degradação Ambiental x Conservação de Pastagens

Considerando que a produção de bovinos na pecuária brasileira se dá basicamente por sistemas extensivos de criação, por ser a forma mais econômica e prática de produzir e oferecer alimentos para os bovinos (DIAS-FILHO, 2014), decorre a necessidade de formação

de pastos que, por sua vez, é limitado pelo fator da chuva ou disponibilidade de água, o qual representa um grande desafio no estado do Ceará. O pasto é a forma mais barata de suprir as necessidades nutricionais de ruminantes.

Além disso, em ecossistemas tropicais, a degradação das pastagens é um fator relativamente comum, que corresponde à queda acentuada e contínua da produtividade da pastagem, no decorrer do tempo (DIAS-FILHO, 2014; DIAS-FILHO, 2016). No Brasil, a degradação de pastagens ocorre em todas as regiões, fazendo com que grande parte das áreas tenha um aproveitamento muito abaixo do seu potencial (DIAS-FILHO, 2017). Apesar desses fatores, a maior parte dos estabelecimentos agropecuários no Brasil é ocupada por pasto.

No Ceará, de acordo com o IBGE (2017), dos 6.895.412,529 hectares existentes 34% é ocupado por pastagem, 26% por Matas/Florestas, 14% por Lavouras e 25% por outros tipos de ocupação. De acordo com Dias-Filho (2017), a forma mais prática de saber se a pastagem está em processo de degradação é observar a sua “capacidade de suporte” no decorrer do tempo. Segundo o mesmo autor, a capacidade de suporte refere-se ao número de animais que é possível ser mantido em uma determinada área de pasto sem ocasionar prejuízo no desempenho dos animais (perda de peso ou produção de leite) nem no desenvolvimento da pastagem.

Dessa forma, se em determinada área a capacidade de alimentar os animais por certo período de tempo estiver diminuindo a cada ano, é possível que essa pastagem esteja em processo de degradação. Outros indícios da degradação da pastagem são o aumento no percentual de plantas daninhas, de áreas do solo descoberto (sem vegetação) e a consequente diminuição no percentual de capim (ou de leguminosas forrageiras) na área da pastagem (DIAS-FILHO, 2017).

Dentre as principais causas de degradação de pastagens estão as práticas inadequadas de pastejo, de manejo e estabelecimento da pastagem, que incluem: as altas taxas de lotação, a não adoção de períodos de descanso para sua renovação, uso excessivo do fogo, ausência de reposição da fertilidade do solo; preparo da área, não realizar o plantio em época adequada de semeadura, uso de sementes de baixa qualidade e fatores ambientais diversos, como: doenças, pragas, problemas fisiológicos, excesso ou falta de chuvas e baixa fertilidade natural, drenagem deficiente do solo (DIAS FILHO, 2011).

Apesar das condições escassas das regiões semiáridas, das altas temperaturas, dos solos pouco profundos e da baixa capacidade produtiva, nota-se a adoção de sistemas agrícolas totalmente extrativistas, por exemplo, na pecuária há o superpastoreio, enquanto que na agricultura se dá a base de desmatamentos, queimadas e curtos períodos de pousio, além da

intensa extração de lenha e madeira, que reduz da vegetação da caatinga (AGUIAR *et al.*, 2006).

O desmatamento corrobora para a degradação do ambiente, redução da biodiversidade e do potencial agrícola do solo, bem como para o agravamento de questões sócio-políticas que leva ao crescente êxodo do meio rural (VILLELA, 2016). Dessa forma, a conservação dos ecossistemas, bem como a recuperação de áreas degradadas é uma necessidade urgente e o único caminho para a continuidade da produção agropecuária e garantia de alimentos para presentes e futuras gerações (JACOBI, 2003). É eminente a necessidade de intervenção do estado na implantação de práticas conservacionistas e na conscientização do produtor quanto sua responsabilidade sobre o meio ambiente.

2.5.4 Modelos Sustentáveis da Bovinocultura

Uma alternativa racional e viável para o uso e recuperação de áreas degradadas são os sistemas agroflorestais (SAF's), onde Nair (1993) e Abdo *et al.* (2008), definem como o conjunto de sistemas de uso e ocupação da terra e tecnologias, nos quais espécies perenes produtoras de madeira (árvores, arbustos, palmeiras) e similares são deliberadamente utilizadas, na mesma unidade de área, com outros cultivos agrícolas e/ou forrageiras e/ou animais, de acordo com um arranjo espacial e uma sequência temporal pré-definidos, contendo grande diversidade de espécies e interações ecológicas entre seus componentes.

Para Abdo *et al.* (2008), o Sistema Agroflorestal é uma opção interessante e extremamente viável para ser utilizada pelo pequeno produtor. O autor argumenta que há uma maior diversificação da economia e garantia de renda ao longo do ano e o aumento da diversidade proporciona maior estabilidade sobre o ecossistema. As arvores podem ser utilizadas como pasto, forragem, fonte de proteína animal, sombreamento, adubação verde e para diversas outras finalidades econômicas. O mesmo autor alerta que algumas dificuldades estão propostas para a implantação do sistema, como: a necessidade de mão-de-obra capacitada, maior custo de implantação, maior dificuldade para a mecanização, a falta de tradição e muitas vezes a frustração por não conseguir melhores resultados de imediato.

No Brasil, aplicações dos sistemas agroflorestais têm sido recomendadas não só como alternativa econômica, mas também na recuperação de solos degradados (ALVES, 2009). É preciso resgatar a importância da complexidade dos sistemas para sua manutenção. Contudo, a instalação de sistemas agroflorestais requer tempo, pois os caminhos que levam ao

desenvolvimento sustentável, nem sempre trazem soluções imediatas. É preciso estabelecer e solidificar as relações naturais do meio.

Os sistemas de integração entre lavoura, pecuária e floresta, podem ser utilizados para intercalar os períodos de chuva e remonta a importância de voltar à complexidade nos sistemas da natureza. O Código Florestal brasileiro garante a possibilidade de implantação de sistemas agroflorestais em pequenas propriedades e manejo sustentável na área da reserva legal, que corresponde a, pelo menos, 80% de propriedades agrícolas na Amazônia Legal, 35% no Cerrado da Amazônia Legal e 20% nas demais localidades (ABDO *et al*, 2008).

De acordo com Moreira *et al.* (2007), a produção animal no semiárido foi por muito tempo sustentada pelo uso da vegetação nativa da caatinga na alimentação dos animais. Entretanto, no transcorrer das últimas cinco décadas, tem-se observado um esforço para se produzir a alimentação do rebanho através dos cultivos de plantas forrageiras, tais como a Palma forrageira, fortemente adaptada e constitui uma rica reserva de água.

No sentido de incrementar novas técnicas à produção, a Embrapa desenvolveu um sistema que consiste no emprego dos métodos de: raleamento, rebaixamento e enriquecimento de pastagens (ARAUJO FILHO; BARBOSA, 1999). Esse método, versa, respectivamente, sobre o corte seletivo de espécies de pouco valor forrageiro e madeireiro, a fim de reduzir sua densidade e competição com outras espécies de maior importância; no corte da parte mais alta do arbusto para aumentar a oferta de forragem, e na introdução de novas espécies perenes de boa produtividade.

2.6 Uso de Índices e Indicadores na Avaliação e Construção da Sustentabilidade

Os índices e indicadores foram utilizados nesta pesquisa, preponderantemente, no estudo das dimensões socioeconômica e institucional. De acordo com Carvalho & Barcellos (2009), a partir dos anos 80, os indicadores ambientais começaram a ser desenvolvidos em vários países europeus; Canadá e Nova Zelândia, que se consolidou no acordo gerado entre 179 países durante a Agenda 21, onde se afirmou a necessidade de se desenvolverem indicadores de desenvolvimento sustentável (IDS) por parte dos países signatários.

Para Abramovay (2010), esta ferramenta tem importante papel como via para a governança, onde a sistematização de indicadores de sustentabilidade implica na construção de um modelo capaz de refletir a cadeia causal das ações antrópicas (CARVALHO & BARCELLOS, 2009).

Quanto à concepção atribuída aos indicadores, pode se tratar de uma medida quantitativa ou qualitativa que carrega um valor intrínseco capaz de medir ou expressar informações sobre algum aspecto da realidade ou conceito. Fortalecendo esse conceito, Carvalho & Barcellos (2009), afirmam que os indicadores podem representar valores absolutos (quantidade real) ou relativos (porcentagem); bem como ser uma média de vários outros indicadores (indicador composto ou índice); podem ter caráter objetivo e quantitativo ou qualitativo e subjetivo; podem ter uma relação inversamente ou diretamente proporcional entre fatores ou a mensuração sobre a efetividade social de determinada ação.

Conforme o IBGE (2014), os indicadores de desenvolvimento sustentável são “estatísticas, que podem ser valores absolutos, razões ou outros índices, utilizadas na mensuração do nível de sustentabilidade social, ambiental, econômica e institucional de uma sociedade ou território”. Ou seja, buscam representar um elemento do mundo real através de um valor.

Segundo Silva *et al.* (2009), embora seja dificultoso eleger e reunir os principais fatores que influenciam no desenvolvimento, eles estão presentes em inquietações expressas relacionadas ao estilo de vida atual e futuro, à qualidade de vida, à prosperidade econômica e, de forma generalizada, ao futuro do planeta terra. Índices ou indicadores de sustentabilidade são meios úteis e de grande importância para descrever a sustentabilidade de sistemas, entretanto, faz-se necessário considerar seu real significado e alcance (SICHE *et al.*, 2007).

CAPÍTULO III – ANÁLISE DOS ASPECTOS AMBIENTAIS DO ESTADO DO CEARÁ SOB O OLHAR DA VIABILIDADE E POTENCIAL PARA A BOVINOCULTURA

3.1 Estimativa da temperatura média do ar no estado do Ceará por meio do sensoriamento remoto

3.1.1 Contextualização

De acordo com Medeiros *et al.* (2005), a temperatura do ar é o fator climático que mais exerce influência de forma direta e significativa sobre os processos fisiológicos de seres vivos. Sendo assim, seu conhecimento é imprescindível na execução de planejamentos agrícolas ou pecuários, a fim de reconhecer a adaptação de cada cultura em diferentes regiões.

Nesse contexto, o zoneamento climático das regiões, ou seja, a divisão da área em unidades individualizadas segundo as suas características, contribui para registrar e delimitar o potencial físico e biológico para a manutenção dos recursos naturais, existentes em cada localidade.

A estimativa de informações meteorológicas - incluindo outras variáveis climáticas e geográficas na análise de regressão - constitui uma metodologia prática e eficiente, sobre a qual já foram realizados diversos estudos no Brasil (Medeiros *et al.*, 2005).

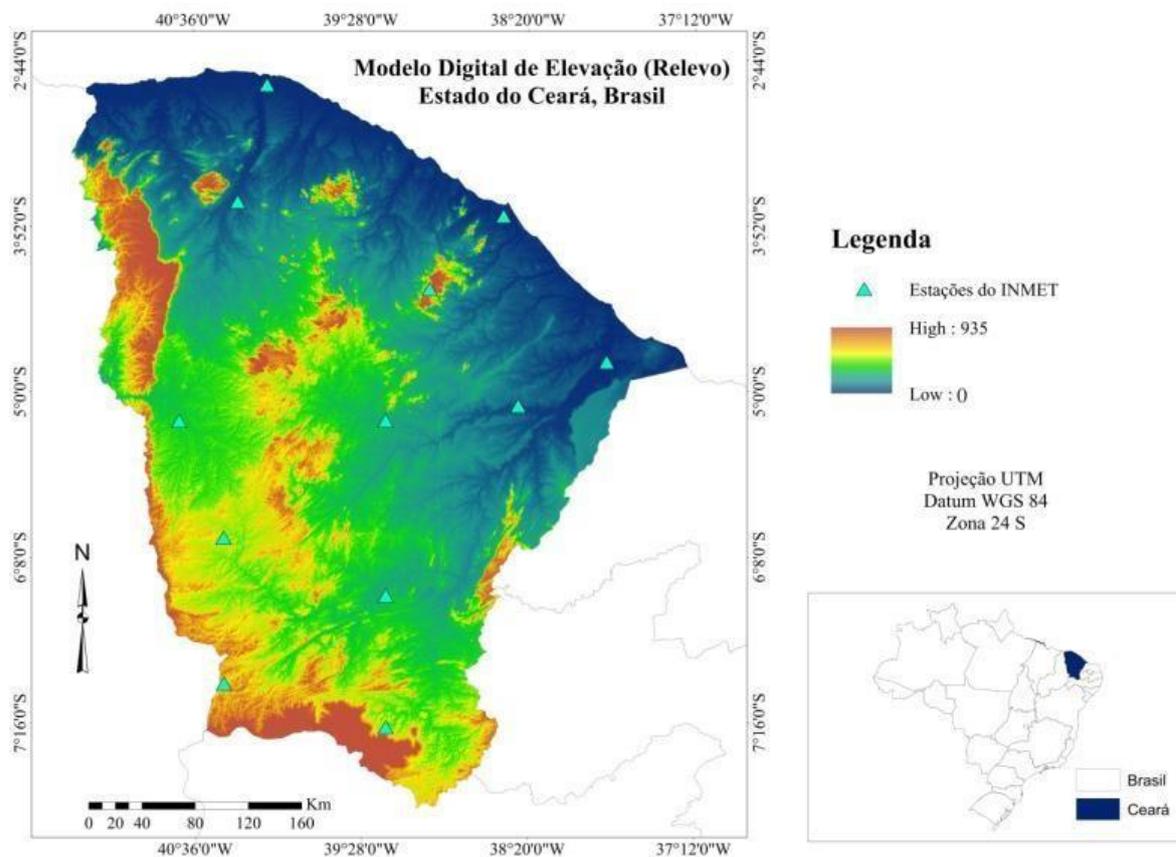
A utilização de Sistemas de Informação Geográficas (SIG) aplicados à espacialização de informações acerca de um território auxilia a compreensão e discussão de diversos fatores. Esta tecnologia permite uma melhor organização espacial das informações ambientais, otimizando a implantação de novas atividades socioeconômicas, identificação de áreas propícias a produção e exploração de diversas áreas (LIMA *et al.*, 2018).

Dessa forma, pretende-se estimar por meio desta metodologia as temperaturas médias do ar no estado do Ceará. O modelo utilizado para a estimativa foi gerado a partir de equações de regressão múltipla, com ajuste quadrático, fruto da correlação das normais climatológicas de temperatura média do estado e algumas variáveis independentes. Em seguida, foi realizada a geração de mapa temático de temperatura do estado por meio do modelo obtido (Equação 15).

3.1.2 Procedimentos

Inicialmente, foram coletados da plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET os dados mensais de temperatura média do ar, correspondentes à normal climatológica de 1981-2010, e os dados geográficos (Latitude, Longitude, Altitude) das 12 estações meteorológicas presentes no estado do Ceará (Figura 1).

Figura 1 - Localização das estações meteorológicas em relação à hipsometria (Relevo) do Ceará.



Fonte: Elaboração própria, utilizando imagens SRTM do INPE e dados de localização das Estações do INMET.

Para o desenvolvimento da pesquisa foram adquiridas imagens da plataforma Earth Explorer do U.S. Geological Survey (USGS), correspondentes aos sensores Operational Land Imager (OLI)/Thermal Infrared Sensor (TIRS) a bordo do satélite Landsat 8. Este satélite possui resolução espacial de 30 metros por pixel nas bandas curtas (OLI) e 120 metros por pixel nas ondas longas (TIRS). Foram utilizados 11 recortes para cobrir o estado, com datas entre 2013 e 2015, correspondentes ao período seco (Agosto a Outubro) e com a menor quantidade de nuvem (Tabela 2).

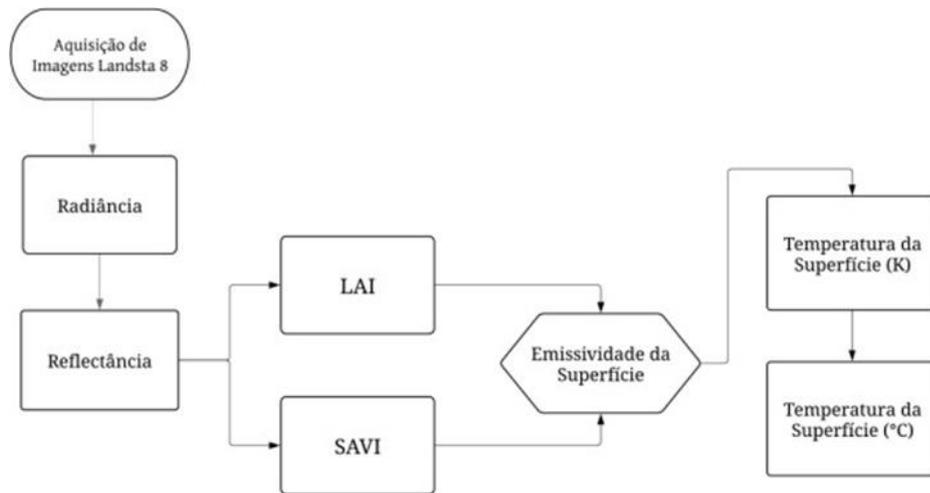
Tabela 2 - Lista das imagens de satélite utilizadas no estudo, referenciadas pelo Caminho (Path) e Linha (Row), Data da fotografia, Horário de passagem do satélite no centro da cena, Porcentagem de cobertura de nuvem (%), Dia juliano (DOY).

Caminho	Linha	Data	Hora	Nuvem (%)	DOY
218	065	10/09/2013	12:55:47	2,20	253
218	064	12/08/2014	12:53:26	0,00	224
	063	26/09/2013	12:54:51	0,44	269
218	062	25/08/2013	12:54:38	2,56	237
217	065	19/09/2013	12:49:33	0,22	262
217	064	19/09/2013	12:49:09	0,11	262
217	063	27/10/2015	12:46:54	3,91	300
217	062	02/08/2013	12:48:25	7,60	214
216	065	12/09/2013	12:43:25	3,15	255
216	064	15/09/2014	12:41:10	0,00	258
216	063	15/09/2014	12:40:46	3,21	258

Fonte: Adaptado de USGS.

O processamento das imagens selecionadas e a obtenção da temperatura de superfície foram realizados na versão profissional do software Erdas 2014 gratuito para testes. Foram utilizadas as metodologias de Chander, Markham, Helder (2009) e Allen *et al.* (2007), em que as etapas estão esquematizadas na Figura 2. Ressalta-se que, o modelo utilizado para a estimativa da temperatura de superfície foi gerado a partir de equações de regressão múltipla, com ajuste quadrático, fruto da correlação das normais climatologias de temperatura média do estado e demais variáveis independentes (Lat., Long., Alt.). Em seguida, foi realizada a geração de mapa temático de temperatura do estado por meio do modelo obtido (Figura 2). O software de SIG utilizado para confeccionar os mapas ou figuras foi o ArcMap 10.2.

Figura 2 - Fluxograma das etapas para a obtenção das temperaturas de superfície.



Fonte: Autoria própria.

O processamento das etapas sequenciais do modelo tem início com o empilhamento das imagens correspondentes as bandas 1 a 6, 10 e 7 de cada cena, obrigatoriamente nessa ordem. Em seguida, com o objetivo de atenuar os efeitos da atmosfera, foi realizada a calibração radiométrica por meio do cálculo da radiância espectral (L_b). As radiâncias espectrais constituem a energia solar emitida e refletida pelas superfícies, as quais são medidas e armazenadas como dados digitais pelos satélites. A radiância constitui uma das medidas radiométricas mais precisas em sensoriamento remoto, cuja finalidade é calcular para cada banda de ondas curtas, o número digital de cada pixel, de acordo com a equação (1).

$$L_b = \left(\frac{L_{MAX} - L_{MIN}}{QCALMAX - QCALMIN} \right) \times (DN - QCALMIN) + L_{MIN} \quad (1)$$

Onde; DN é o número digital de cada pixel presente na imagem, LMAX e LMIN são constantes de calibração encontradas no arquivo MTL associado ao download da imagem. QCALMAX e QCALMIN são, respectivamente, o maior e menor intervalo de valores para radiância redimensionada em números digitais – DN, que também são encontrados no arquivo MTL. As unidades para L_b são $W/m^2/sr/\mu m$.

A partir da radiância calcula-se a refletividade, que é definida pela relação entre o fluxo de radiação refletida e o fluxo de radiação incidente sobre a superfície. As reflectâncias para cada banda são calculadas em duas etapas: Primeiro, a reflectância espectral planetária no topo da atmosfera - como é "vista" pelo satélite - é calculada através da relação entre a

radiância (L_b) medida no satélite e a energia que incide na mesma banda de onda curta. Em seguida, a energia refletida “no satélite” é corrigida para a energia refletida “na superfície”, através do ajuste da atenuação atmosférica da radiação de onda curta incidida na banda específica (entrada) e a atenuação da radiação refletida na banda ao passo que ela viaja da atmosfera para o satélite. A refletância do satélite ($\rho_{t,b}$) é computada segundo Allen *et al.* (2007), Tasumi *et al.* (2008) e Silva *et al.* (2016), conforme a equação 2.

$$\rho_{t,b} = \frac{\pi \times L_b}{ESUN_b \times \cos\theta \times d_r} \quad (2)$$

Onde, o t subscrito em $\rho_{t,b}$ representa a energia refletida no topo da atmosfera (no satélite) e o b subscrito indica o número específico da banda de ondas curtas, L_b é a radiação espectral para cada banda computada no primeiro modelo, $ESUN_b$ é a média solar da irradiância exo-atmosférica para banda b ($W/m^2/m$), $\cos\theta$ é o cosseno do ângulo de incidência solar (de nadir), e d_r é o quadrado inverso da relativa distância terra-sol. Os valores de $ESUN$ foram calculados conforme Silva *et al.* (2010). O termo d_r é definido como $1/des^2$ onde des é a distância relativa entre a terra e o sol em unidades astronômicas. O d_r é computado usando a seguinte equação de Duffie e Beckman (1980), que também foi usada por Allen *et al.* (2007):

$$d_r = 1 + 0.033 \times \cos\theta \left(DOY \times \frac{2\pi}{365} \right) \quad (3)$$

Onde: DOY é o dia Juliano do ano e o ângulo é dado em radianos.

A radiação de ondas longas de saída é o fluxo de radiação térmica emitida a partir da superfície para a atmosfera (W/m^2). É calculado estimando a emissividade térmica da superfície e temperatura da superfície. A partir desse passo, calcula-se o SAVI, que significa “Índice de Vegetação Ajustado para o Solo”, semelhante ao NDVI, que é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada” descrito por Allen *et al.* (2007), mas que tenta subtrair o efeito da umidade do solo. O SAVI é calculado conforme a equação abaixo (ALLEN *et al.*, 2007):

$$SAVI = \frac{(1 + L)(\rho_{t,ivp} - \rho_{t,vm})}{(L + \rho_{t,ivp} + \rho_{t,vm})} \quad (4)$$

Onde: L é uma constante para o SAVI. Se L for igual a zero, o SAVI se tornará igual ao NDVI. O valor de L pode variar de 0,25 a 1 dependendo da cobertura do solo e $\rho_{t,ivp}$ e $\rho_{t,vm}$ são os valores da refletância das bandas infravermelho próximo e vermelho, nesta mesma ordem.

Por sua vez, o Índice de Área Foliar – IAF (LAI – Leaf Area Index) é um índice biofísico definido pela razão entre a área total de todas as folhas de uma planta (um lado das folhas) e a área do solo ocupada pela planta, e varia de 0 a 6. O LAI é um indicador da resistência da biomassa e do dossel ao fluxo de vapor, e pode ser calculado segundo Allen *et al.*, (2007) pela equação 5 e 6:

$$\text{Para SAVI} \leq 0,81 \{ \text{LAI} = 11 \times \text{SAVI}^3 \} \quad (5)$$

$$\text{Para SAVI} > 0,817 \{ \text{LAI} = 6 \} \quad (6)$$

A temperatura de superfície do solo foi calculada conforme Chander *et al.* (2009), com a correção da emissividade da superfície, proposta por Allen *et al.* (2007):

$$T_s = \frac{K_2}{\left(\frac{\epsilon_{NB} \times K_1}{R_c} + 1 \right)} \quad (7)$$

Onde: TS é a temperatura da superfície (K); ϵ_{NB} corresponde à emissividade térmica da superfície; R_c é o brilho térmico corrigido da superfície e K_1 e K_2 são constantes para imagens Landsat no arquivo MTL. Unidades para R_c devem ser os mesmos que para K_1 ($W / m^2 / sr / m$). Em seguida, os valores de temperatura obtidos em Kelvin foram convertidos para Celsius. A emissividade térmica da superfície (ϵ_{NB}) é expressa pela equação abaixo (Allen *et al.*, 2007): A correção para a radiação térmica da superfície (R_c) é calculada por Wukelic *et al.* (1989) como:

$$R_c = \frac{L_{TIRS} - R_p}{\tau_{NB}} - (1 - \epsilon_{NB}) * R_{sky} \quad (10)$$

Onde, TIRS é a banda do sensor termal infravermelho do Landsat 8 (10.600-11.190 nm); R_p é a radiância na faixa de 10,4 a 12,5 μm ($W/m^2/sr/\mu m$), R_{sky} é a banda estreita radiação térmica descendente de um céu claro ($W/m^2/sr/\mu m$). R_p e R_{sky} podem ser vistos detalhadamente em Allen *et al.* (2007).

Foi utilizada a ferramenta Mosaic Wisard no software Erdas. Essa ferramenta realiza uma equalização automática do brilho de cada cena fazendo com que se assemelhem a uma única imagem. Pois, dependendo do dia em que foi tirada a fotografia, elas podem ter diferenças no brilho, umas mais claras que as outras.

Os valores da temperatura de superfície da imagem, presentes em cada pixel que coincidem com a localização de cada estação climática, de acordo com as coordenadas disponibilizadas pelo INMET, foram agregadas ao banco de dados. Na análise de regressão,

cada uma das médias mensais presentes numa mesma estação foi correlacionada com o mesmo valor de pixel correspondente àquele ponto.

A equação de regressão encontrada para estimar os valores de temperatura média do ar foi determinada por meio do software SAS University Edition, após a correlação entre a variável dependente: normais mensais da temperatura do ar; e as independentes: temperatura do satélite (T_{sat}), latitude (δ), longitude (λ) e altitude (φ). Assim foi composta base de dados com 144 conjuntos de valores mensais normais de temperatura do ar e as variáveis independentes, os quais foram observados nas 12 estações meteorológicas do estado ao longo do ano.

Em seguida, com o objetivo de validar a eficiência da equação, realizou-se a comparação entre os dados de temperatura média anual disponibilizados pelo INMET e o valor médio anual estimado pelo modelo proposto. Isto é, comparou-se a média anual de cada uma das 12 estações do INMET com o valor estimado para cada estação. A validação estatística dos dados foi realizada por meio dos métodos estatísticos: Desvio absoluto médio - MAD (Mean Absolute Deviation), Erro médio quadrado - MSE (Mean Square Error), Raiz do erro médio quadrado - RMSE (Root Mean Square Error) e Média do erro absoluto percentual - MAPE (Mean Absolute Percentage Error), calculado através das equações 11 a 14.

Onde, A_t representa o valor médio anual de temperatura observado, conforme a normal climatológica, F_t o valor estimado, n o número de observações, neste caso 12.

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n} \quad (11)$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n} \quad (12)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}} \quad (13)$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|}{n} \times 100 \quad (14)$$

3.1.3 Resultados e Discussão

As variáveis independentes analisadas foram escolhidas pelo fato de poderem ser amplamente determinadas em todo o território analisado e obtiveram um bom índice de correlação (R^2). O índice proposto para aferir a temperatura média mensal anual do estado (T_{ar}) alcançou um $R^2= 0.9614$ e é composto da seguinte expressão:

$$T_{ar} = -15,59818 - (T_{sat} * 0,14406) - (\lambda * 1,18551) - (\delta * 0,76993) - (\varphi * 0,01186) \quad (15)$$

Na equação 15, o F tabelado para 4 graus de liberdade e 7 residual é igual a 4,1203, entretanto o valor do F calculado nessa estatística é igual a 43,59. Como o F calculado é maior que o F tabelado, rejeita-se a hipótese nula e se aceita a hipótese alternativa (Tabela 3). Ou seja, a estatística realizada indica que há uma forte correlação entre a temperatura observada nas estações e a temperatura estimada por meio do modelo.

Tabela 3 - Análise de Variância do modelo – Anova.

	Gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	4	53.55265	13.38816	43.59	<.0001
Resíduo	7	2.14985	0.30712		
Total	11	55.70250			

Fonte: Autoria própria.

Antonini *et al.* (2009), formularam um modelo matemático para estimativa da temperatura média diária do ar no Estado de Goiás correlacionando a temperatura média diária com as variáveis independentes: altitude, latitude e longitude, através de regressão linear.

Filgueiras *et al.* (2016), estimando a temperatura do ar na estação meteorológica da Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP (Universidade Estadual Paulista), campus de Botucatu-SP, concluíram que a regressão linear de dados de temperatura de superfície, com dados de temperatura do ar no momento da passagem do satélite, e temperatura média do ar, apresentaram forte coeficiente de determinação, indicando a possibilidade do uso do sensor TM na estimativa e espacialização da temperatura média diária do ar.

As menores e maiores temperaturas médias estimadas para o Estado do Ceará conforme a Figura 3 foram, respectivamente, 18°C e 30,46 °C e o valor médio de temperatura foi 25,78 °C. É notável a influência da altitude na temperatura, onde as regiões serranas se

destacaram por apresentar os menores valores de temperatura de superfície e de temperatura estimada do ar.

De acordo com Maciel *et al.* (2012), a atmosfera pode ser estudada a partir de seus elementos constituintes e variáveis atmosféricas. Em que os elementos constituintes são os gases, aerossóis e materiais particulados em suspensão, enquanto as variáveis atmosféricas são representadas pela temperatura, umidade e pressão. Segundo o mesmo autor, essas variáveis são influenciadas pela posição atmosférica, aspectos geográficos da localidade, configuração do território, altitude, relevo, por sua proximidade com o mar, pela vegetação e pelos efeitos da continentalidade, além das interferências antrópicas.

A influência da altitude sobre a temperatura na troposfera pode ser explicada, apesar de ser um fenômeno bastante complexo. Um dos fatores que influenciam nesse processo é a pressão atmosférica sobre as partículas do ar. Quanto maior a coluna de ar sobre uma superfície, maior a pressão e, conseqüentemente, maior a temperatura. Outro fator é o efeito da gravidade que concentra as moléculas do ar nas regiões mais próximas da superfície terrestre, o que promove uma maior concentração de ar e pressão em altitude mais baixa e a sensação de ar rarefeito em altitudes elevadas. Dessa forma, a menor densidade de partículas em lugares altos dificulta a transferência de calor na atmosfera e irradiação solar. Já em lugares baixos, a expansão das partículas devido à maior incidência de energia solar e a maior quantidade de partículas, promove o aumento da pressão atmosférica e o conseqüente aumento da temperatura.

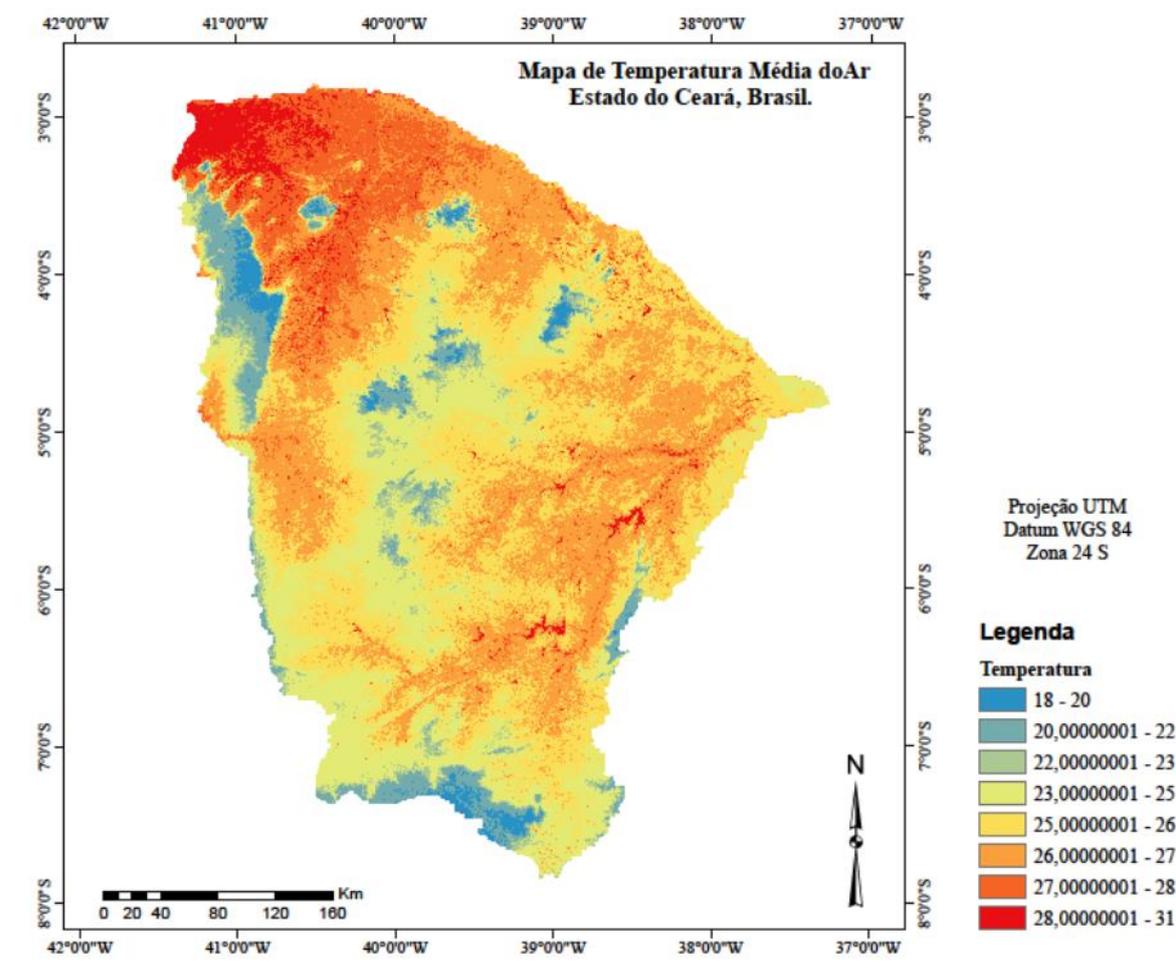
Em estudo realizado por Cargnelutti Filho *et al.*(2006), verificaram que a temperatura mínima média do ar, no Estado do Rio Grande do Sul, analisada em intervalos de 10 dias em vários locais do estado, poderia ser estimada por meio das coordenadas geográficas. Segundo os mesmos autores, a altitude e a latitude, nessa ordem, foram os fatores que exerceram maior efeito sobre a temperatura mínima média decendial do ar. Cargnelutti Filho *et al.* (2006), incluem a longitude como uma coordenada geográfica capaz de estimar as temperaturas máxima e média do ar.

Valladares *et al.* (2005), propuseram um método para a estimativa da temperatura do ar baseado em um modelo de elevação digital MDE originário de dados do radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Os autores executaram análises de regressão linear múltipla para cada região do país, tendo como variável dependente a temperatura média do ar e como variáveis independentes a latitude, a longitude e a altitude.

Os locais destacados em azul no mapa (Figura 3) representam as menores temperaturas, como no município de Guaramiranga, localizado em uma região serrana, na

área de proteção ambiental da Serra de Baturité, às coordenadas -38,95 Oeste e -4,24 Sul e com altitudes que variam de 240 a 1.093 metros e uma média 798 metros de altura, distante 105,5 km da capital – Fortaleza. O município de Guaramiranga é considerado um dos mais frios do estado e de todo o Nordeste, constituindo o menor em extensão territorial do estado, com pouco mais de quatro mil habitantes, conforme o censo do IBGE de 2010 (LIMA *et al.*, 2019).

Figura 3 - Mapa de Temperatura média do Ar, estimada para o Estado do Ceará.



Outros municípios da mesma Serra se destacam, como: Palmácia, Pacotí, Mulungu e Aratuba. Alguns municípios no interior do estado apresentaram baixas temperaturas, como: Meruoca, Alcântaras, Monsenhor Tabosa, Redenção, Pedra Branca, dentre outros. No entanto, a maior porção do estado se manteve na faixa entre 26°C e 27°C.

A serra da Ibiapaba, também conhecida como Serra Grande, está localizada ao extremo oeste do estado do Ceará, limitando-se com o estado do Piauí. Possui uma altitude média elevada, superior a 700 metros, mas com uma declividade bastante suave e gradual.

Possui uma vegetação densa, com características de Mata Atlântica. Suas condições climáticas são bastante favoráveis em relação ao restante do estado, onde também se pode desfrutar de uma das temperaturas mais amenas.

A região do Cariri, localizada ao extremo sul do estado, comporta a chapada do Araripe que compreende a Floresta Nacional do Araripe – FLONA, a primeira floresta nacional reconhecida por lei do Brasil. Possui um ambiente privilegiado por estar situado em uma bacia sedimentar com três aquíferos de águas milenares e centenas de fontes que jorram ao pé da chapada. Muitas vezes a região é reconhecida como o “Oásis do Sertão”. Também possuem destaque no estado pela boa taxa de pluviosidade e que contribuem para as baixas temperaturas no topo da chapada.

Ferreira (2005) estimou a temperatura da superfície terrestre por meio de imagens infravermelhas do satélite NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) e correlacionou estes resultados com os dados de temperatura do ar, e concluiu ser uma ferramenta muito útil aos estudos de monitoramento agrometeorológico.

No tocante a validação estatística dos dados, foi realizada por meio dos métodos estatísticos: MAD, MSE, RMSE e MAPE, com base nos dados da Tabela 4.

Tabela 4 - Base de dados para a validação do modelo de temperatura, a partir da normal climatológica do Inmet de 1990-2010 (valor observado).

Localidade	Valor Observado	Valor Estimado	Erro	Valor Absoluto do Erro	Erro ao quadrado	Erro absoluto/ Valor observado
	A_t	F_t	$A_t - F_t$	$ A_t - F_t $	$(A_t - F_t)^2$	$ (A_t - F_t) / A_t $
Acaraú	27,3	28,5	-1,273	1,273	1,622	0,0467
Barbalha	25,9	26,4	-0,453	0,453	0,205	0,0175
Campos Sales	25,0	24,3	0,741	0,741	0,549	0,0296
Crateús	27,4	26,9	0,537	0,537	0,289	0,0196
Fortaleza	26,9	27,9	-1,016	1,016	1,033	0,0378
Guaramiranga	20,9	20,8	0,118	0,118	0,014	0,0056
Iguatu	27,3	26,9	0,386	0,386	0,149	0,0141
Jaguaruana	27,5	28,0	-0,526	0,526	0,277	0,0191
Morada Nova	27,4	28,3	-0,853	0,853	0,727	0,0311
Quixeramobim	27,2	27,7	-0,532	0,532	0,283	0,0196
Sobral	27,2	28,2	-0,967	0,967	0,935	0,0355
Tauá	27,1	26,1	0,952	0,952	0,906	0,0351
Médias	26,4	26,7	-0,241	0,696	0,582	0,026

Fonte: Autoria própria.

O Erro Quadrático Médio (MSE) calcula a média dos erros do modelo ao quadrado, dessa forma, diferenças menores têm menos importância, enquanto diferenças maiores recebem mais peso. A Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) representa o desvio padrão da amostra das diferenças entre os valores previstos e os valores observados. E, conforme Hallak e Pereira Filho (2011) é utilizada para expressar a acurácia dos resultados numéricos com a vantagem de apresentar os valores do erro nas mesmas dimensões da variável analisada. O Erro Absoluto Médio (MAD) indica a média do erro absoluto.

A Média do Erro Absoluto Percentual (MAPE) possui a vantagem de utilizar termos percentuais (%) que fornecem um rápido entendimento, e a desvantagem de acentuar a discrepância quando os valores observados forem muito pequenos (CAMELO *et al*, 2017). Nesse caso (Tabela 5), o Erro Absoluto em Percentual (MAPE) apresentou 2,6% de discrepância entre os dados reais e estimados. Interpreta-se seu valor como aceitável.

Tabela 5 - Resultado da validação do modelo gerado para estimativa da temperatura média anual.

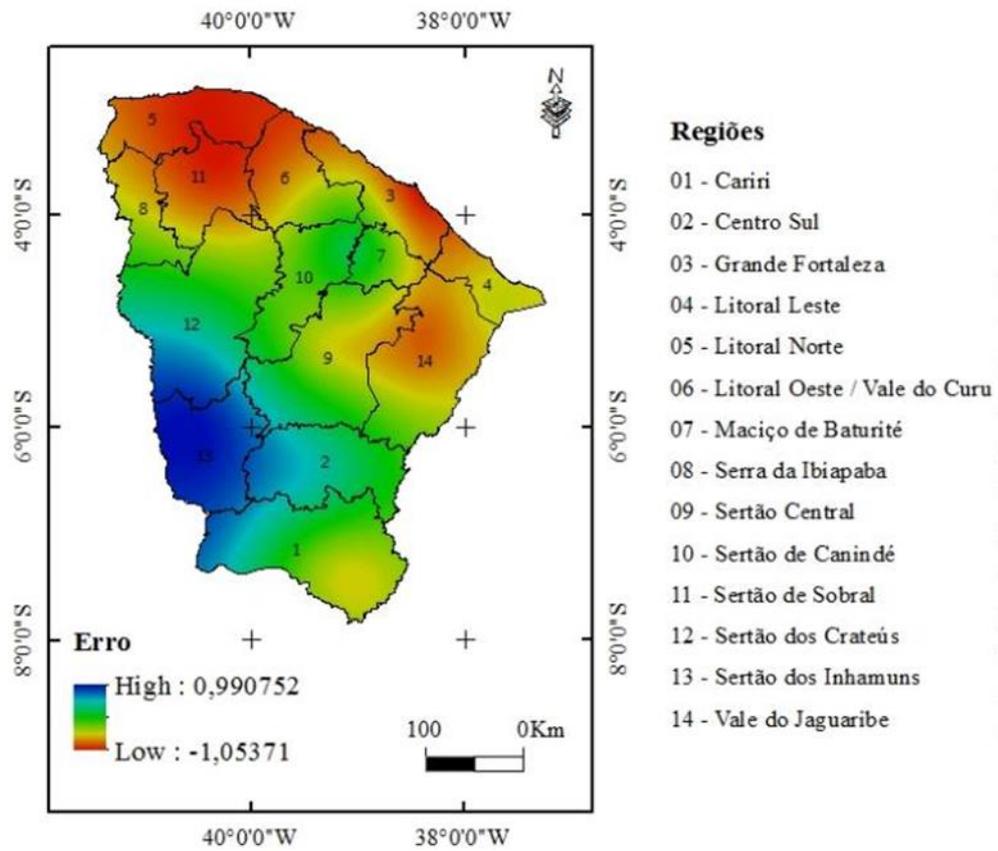
N	12
MSE	0,582
MAD	0,696
RMSE	0,763
MAPE	2,60

Fonte: Autoria própria.

De acordo com Kao (2013), que encontraram respectivos valores de RMSE e MAPE de 3.9 e 2.18, concluíram que os valores indicavam que o método representava eficácia nos resultados e quanto menor o valor, mais aceitável.

Foi realizada a espacialização do erro no mapa do estado do Ceará, obtido pela diferença entre o valor observado e o estimado, conforme a Figura 4. O erro da estimativa variou de -1,05 a 0,99. A estimativa tende a errar para menos na região dos Inhamuns e acentuar a temperatura nas áreas próximas ao litoral. As áreas identificadas com verde no mapa são as áreas em que a temperatura estimada mais se aproximou da temperatura observada nos postos do INMET. Em contrapartida, as áreas em vermelho correspondem aos valores com maior discrepância.

Figura 4 - Espacialização do Erro Absoluto.



Fonte: Autoria própria.

Pode-se observar que os maiores erros foram encontrados na região do litoral, ao noroeste do estado e ao leste, nas proximidades da região dos Sertões dos Inhamuns, representada pela estação localizada no município de Tauá. Os valores mais próximos foram identificados na estação presente no município de Guaramiranga e ao sul do estado.

3.2 Predição e Espacialização da Umidade Relativa do Ar no Estado do Ceará

3.2.1 Contextualização

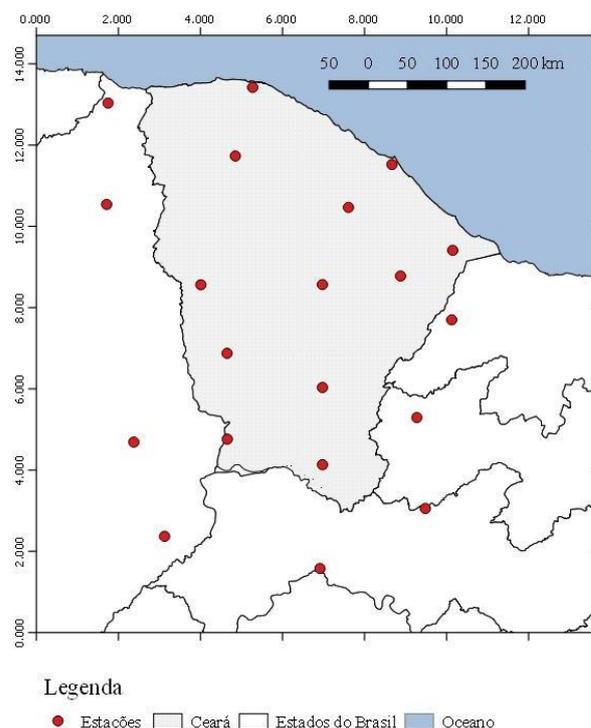
O estudo da umidade relativa do ar contribui para o entendimento de outros fenômenos climatológicos de uma região, além de poder nortear o planejamento estratégico do uso e ocupação do solo. A umidade do ar, juntamente com a temperatura e outros componentes climáticos, é um dos fatores responsáveis pela formação das paisagens naturais, do clima e do comportamento das sociedades humanas.

Dessa forma, a seguinte metodologia tem a finalidade de estimar a Umidade Relativa do Ar para o estado do Ceará por meio da correlação com fatores geográficos (latitude, longitude e altitude) e temperatura do ar.

3.2.2 Procedimentos

Através da plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET foram coletados os dados climáticos e geográficos das 12 estações meteorológicas presentes no estado do Ceará e das 8 estações próximas, localizadas em estados circunvizinhos (Figura 5).

Figura 5 - Mapa de localização das estações meteorológicas do INMET, utilizadas neste estudo.



Fonte: Elaboração própria, utilizando dados do INMET.

Elaborou-se um banco de dados contendo as médias históricas mensais de temperatura, umidade relativa do ar e pluviosidade, correspondentes à normal climatológica de 1981-2010. A temperatura do satélite (Tsat), a latitude (δ), a longitude (λ) e a altitude (φ) foram repetidas para cada um dos valores mensais de uma mesma estação.

As estações foram divididas em dois grupos heterogêneos. O primeiro grupo, contendo as informações dos 12 postos de coleta, teve a finalidade de encontrar a equação de regressão capaz de modelar o comportamento da umidade relativa média do ar, através da comparação com as variáveis independentes. O segundo conjunto de dados, contendo 8 estações, foi utilizado para validação do desempenho do modelo encontrado no primeiro grupo. O critério utilizado para dividir as estações em dois grupos foi estabelecido com base na mediana da média normal de umidade relativa. Nesse caso, cada grupo possuía uma quantidade proporcional de dados abaixo e acima da mediana.

A análise de regressão múltipla fora efetuada com os dados descritos anteriormente, no SAS University Edition, onde foram elencados os elementos que melhor se relacionavam entre si. Nesse momento, foi percebida a relação estreita entre os parâmetros: Umidade Relativa do ar e Precipitação. Com isso, resolveu-se incluir uma outra variável à análise, que unisse os dois componentes, a fim de aumentar o coeficiente de correlação R. A nova variável foi identificada como UR_PPT, obedecendo ao seguinte modelo quadrático geral, Onde, PPTi corresponde à precipitação pluviométrica mensal de cada posto:

$$UR_{PPT} = \sqrt{PPT_i} \times 1,7141387 + 57,406825 \quad (16)$$

Após o ajuste realizado entre umidade e precipitação, fora novamente executado o processo de regressão incluindo a nova variável. O critério utilizado para a seleção da nova equação foi priorizar as variáveis que melhor se ajustavam aos dados disponíveis em todo o território e que resultasse em um bom coeficiente de correlação. Sendo assim, o modelo selecionado é expresso pela seguinte fórmula, onde, UR%: Umidade relativa do ar, φ : latitude, Tmed: temperatura média do ar, UR_PPT: modelo de ajuste:

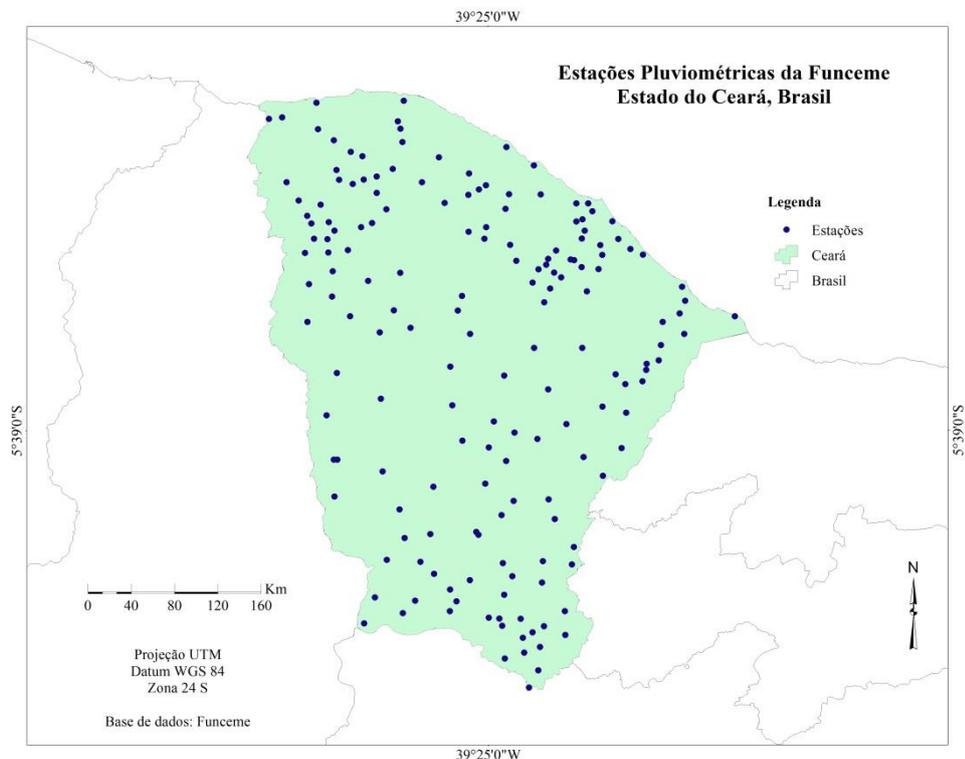
$$UR\% = 172,84593 + (0,76993 * UR_{PPT}) - (5,5287 * Tmed) - (0,03934 * \varphi) \quad (17)$$

Um dos grandes problemas encontrados ao buscar estabelecer um zoneamento climático de uma localidade é a falta de informação. O estado do Ceará possui ao todo 12

estações do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) que dispõem de médias históricas de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação (ou, pelo menos, são as únicas facilmente encontradas nas plataformas digitais e foram utilizados neste o cálculo de regressão). Sendo assim, considerando a extensão territorial do estado, podemos supor que estes dados são insuficientes por si só, para projetar com clareza a realidade de todo o território cearense, mesmo que por interpolação de dados, por exemplo.

Apesar dos dados de umidade e temperatura não serem tão abrangentes, a Funceme possui algumas centenas de estações pluviométricas no estado, das quais são disponibilizados os dados de chuva. Destas estações, foram extraídos e interpolados os dados de precipitação utilizados para o cálculo da UR_PPT, em detrimento das normais do INMET, tendo em vista a maior disponibilidade das informações. Para tal, foi realizado o download em formato de texto (.txt) de todos os dados das estações da Funceme por meio do site e agrupados em um único arquivo do Excel. A partir desse ponto, foram selecionadas em tabela dinâmica apenas as estações que possuíam dados ininterruptos entre 1989 e 2018, contabilizando 30 anos de coleta (Figura 6).

Figura 6 - Estações Pluviométricas da Funceme com dados contínuos entre 1989 e 2018.



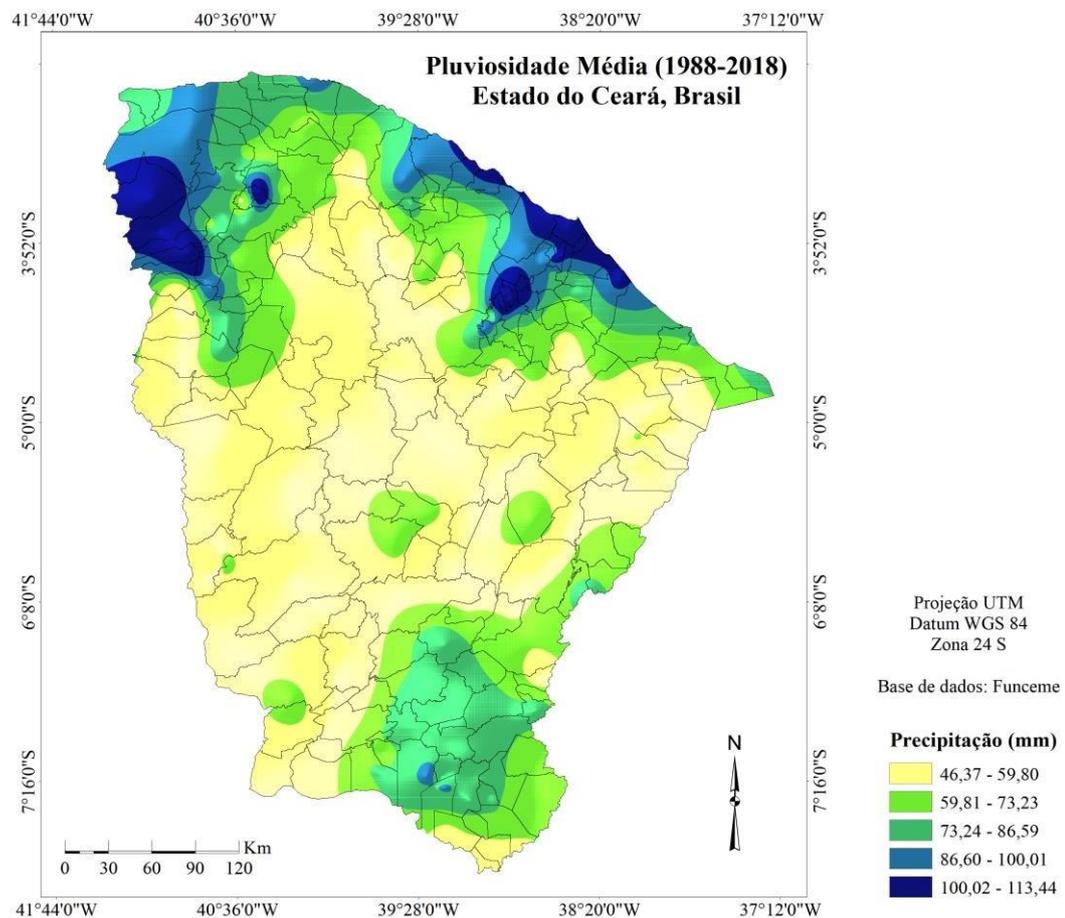
Fonte: Autoria própria.

Do total de 746 postos disponíveis, foram selecionados 181 destes para compor o mapa de pluviosidade média do estado, dispostos da Figura 6 acima. Que foram espacializados por interpolação dos dados, através do método Multilevel B-Spline, no software Qgis 2.14.

3.2.3 Resultados e Discussão

A pluviosidade média do estado do Ceará entre 1989 e 2018 (Figura 7), para as 181 estações selecionadas, que possuem dados ininterruptos entre os anos citados, apresentou uma média mensal anual de 70,6 mm para todo o estado. A menor e a maior média mensal anual foram, 35,5 mm e 140,4 mm, respectivamente para os municípios de Irauçuba e Ibiapina.

Figura 7 - Espacialização da Pluviosidade Média Mensal do estado do Ceará entre 1989 e 2018, com base nos dados disponibilizados pela Funceme.

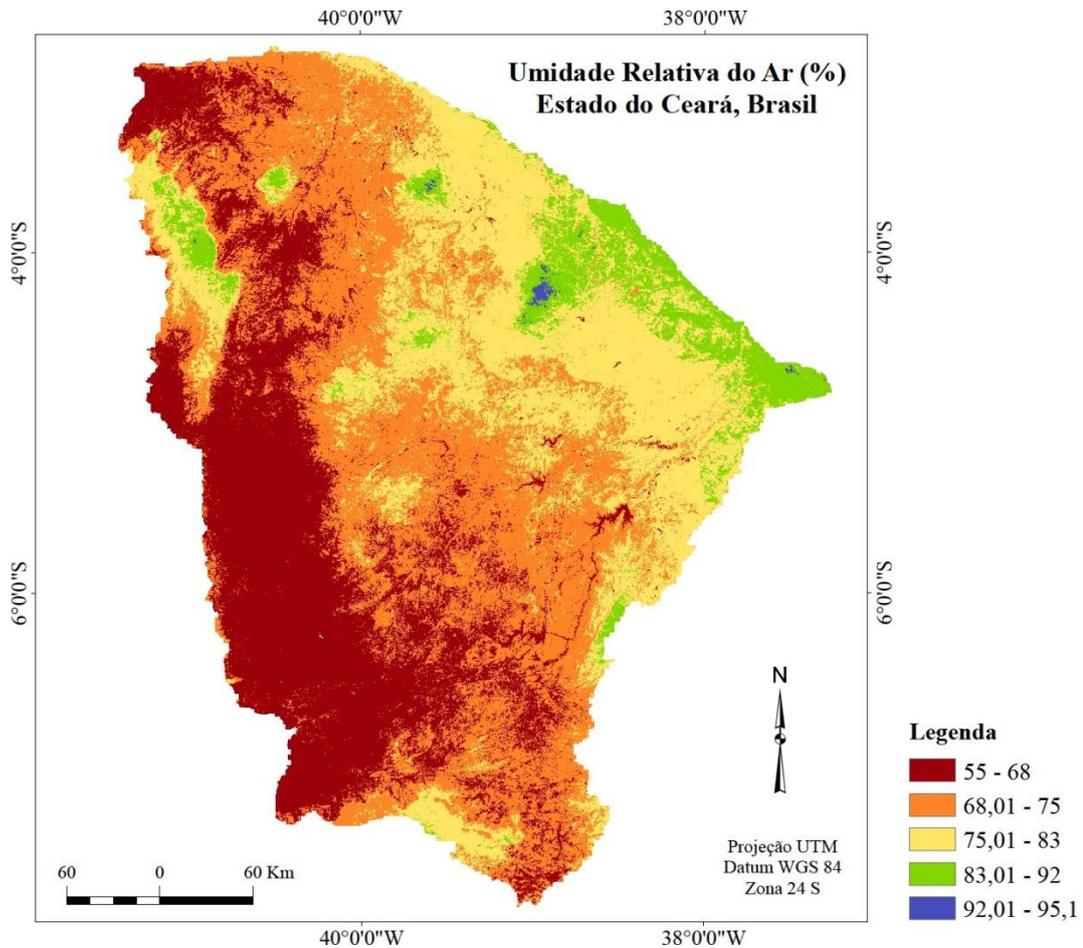


Fonte: Elaboração própria, utilizando dados do INMET.

Da mesma forma, a temperatura média mensal calculada com base na normal climatológica (1981-2010) do INMET, foi substituída na construção do mapa de umidade pela temperatura média estimada por satélite, disposta na figura 3 e encontrada por meio da equação 15. A decisão tem como justificativa o fato das imagens de satélite constituir instrumentos detalhados e precisos da realidade.

O resultado final apontou um valor médio de umidade relativa do ar no estado de 73,31%, com valores mínimo e máximo, encontrados no histograma da imagem, de 55 e 95%. As regiões que obtiveram destaque pelos maiores índices de umidade foram: a região metropolitana de Fortaleza, a Serra da Ibiapaba e Serra de Baturité (Figura 8).

Figura 8 - Mapa de Umidade Relativa do Ar (%), estimada para o Estado do Ceará.



Fonte: Elaboração própria.

A umidade Relativa do Ar é definida pela relação entre a quantidade de água existente no ar e a capacidade máxima que poderia haver na mesma temperatura. Sendo que, é fortemente associada à outros fatores ambientais, como: temperatura do ar, vegetação, precipitação, aspectos geográficos, dentre outros.

A vegetação promove um microclima capaz de reter a umidade e por, meio da evapotranspiração, movimenta a água do solo para o ar. Quanto maior a umidade relativa do ar, menor a amplitude térmica, todavia, pode tornar maior a sensação de calor e abafamento.

Um fator de grande influência na formação da umidade do ar é a movimentação de massas de ar que, dependendo da umidade presente nela promove a precipitação da chuva. Dentro deste fator estão a influência do mar (como no caso do litoral cearense) e das ondas da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A ZCIT é uma movimentação de ar responsável por transferir calor e umidade das regiões inferiores da atmosfera para a atmosfera de regiões de latitude médias e altas. A ZCIT do Atlântico Oeste exerce grande influência na convecção e precipitação no Nordeste do Brasil, e conseqüentemente, na umidade relativa do ar (%) – IAG (Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas)/USP (Universidade de São Paulo). A umidade média correspondente aos limites impostos pela literatura para o bem-estar animal está geralmente entre 50-70% (BRETTAS *et al.*, 2017; VINHAL *et al.*, 2017; ALMEIDA NETO *et al.*, 2014; FURTADO *et al.*, 2012).

3.3 Predição e espacialização Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para o estado do Ceará

3.3.1 Contextualização

De acordo com Furtado *et al.* (2012), vários índices foram desenvolvidos, a fim de avaliar o nível de conforto térmico dos animais com relação ao ambiente. O mais utilizado foi o índice de temperatura e umidade (ITU), primeiramente desenvolvido por THOM (1959), e adaptado posteriormente por diversos autores, para a avaliação de animais de produção, cuja fórmula relaciona os efeitos da temperatura e umidade relativa do ar sobre o bem-estar animal.

O estudo da bioclimatologia busca entender como o animal interage e responde às diferentes condições de ambiente, sendo uma ferramenta para definir as condições de manejo ideais de produção. Por sua vez, o zoneamento bioclimático pode auxiliar na determinação de áreas favoráveis a produção, na otimização da criação e na tomada de decisão dos produtores sobre os rebanhos. A elaboração do zoneamento de determinadas regiões tornou-se possível graças à maior disponibilidade de dados meteorológicos e o avanço de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

O procedimento utilizado a seguir utiliza os resultados alcançados anteriormente e pretende unificar os dados de temperatura e umidade encontrados, a fim de indicar as áreas mais ou menos favoráveis à produção bovina quanto ao conforto térmico animal nos limites da área de estudo.

3.3.2 Procedimentos

O ITU foi estimado pelo modelo matemático desenvolvido para analisar o nível de bem-estar de vacas em lactação, e constitui um método eficaz e prático, largamente utilizado em todo o mundo para estudos de bioclimatologia. Para o cálculo do ITU são utilizadas a temperatura ambiente (TA) e a umidade relativa do ar (UR%), visto que a temperatura e umidade relativa do ar são os principais elementos climáticos que influenciam o estresse térmico em bovinos leiteiros, de acordo com a equação 18, adaptada por Buffington (1981), onde, TA: Temperatura do ambiente, °C; UR: Umidade relativa do ar (%).

$$ITU = (0,8 * TA + (UR\%) * (TA - 14,4) + 46,4) \quad (18)$$

Ponderando os dados da literatura acerca da classificação de ITU para bovinos, neste trabalho foi assumida de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6 - Classificação proposta do Índice de Temperatura e Umidade – ITU.

Faixa de ITU	Característica
Inferior a 70	Normal (os animais encontram-se numa faixa de temperatura e umidade ideal para seu desempenho produtivo);
Maior que ou igual a 70 e menor que ou igual a 72	Alerta (as condições climáticas estão no limite para o bom desempenho produtivo)
Maior que 72 e menor que ou igual a 78	Alerta e acima do índice crítico para a produção de leite (nesta faixa, o desempenho produtivo está comprometido)
Maior que 78 e menor que ou igual a 84	Perigo (todas as funções orgânicas dos animais estão comprometidas)
Superior a 84	Emergência (providências urgentes devem ser tomadas).

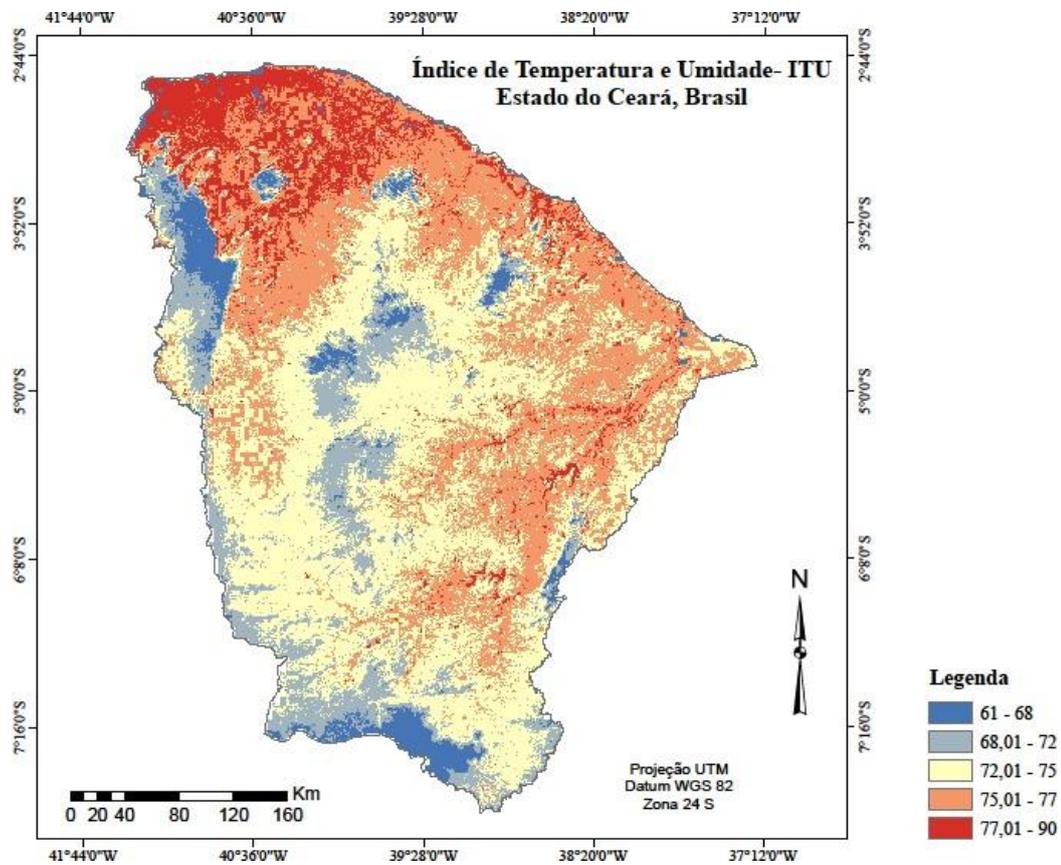
Fonte: Elaboração baseada nos autores citados na Tabela 1.

Os valores de Temperatura e Umidade utilizados foram no cálculo do ITU foram os obtidos nos procedimentos anteriores e demonstrados, respectivamente, nas figuras 4 e 8.

3.3.3 *Resultados e Discussão*

O ITU é utilizado para estimar a sensação de conforto térmico em diferentes temperaturas ambiente e umidades relativas, com baixa velocidade de ventos. Através dele pode-se integralizar os valores de Temperatura do bulbo seco e Umidade relativa do ar (%), correlacionando os dois fatores para estimar o nível de conforto térmico animal. Dessa forma, os dados estimados submetidos à fórmula apresentam o resultado exposto na Figura 9.

Figura 9 - Mapeamento do Índice de Temperatura e Umidade – ITU no estado do Ceará.



Fonte: Elaboração própria.

As áreas representadas de azul indicam os locais onde o ITU apresenta os menores valores e que, portanto, são aqueles mais favoráveis à produção bovina. As áreas em vermelho destacam os locais onde há maiores riscos de estresse animal e perda de produtividade devido aos elevados índices de temperatura.

A média anual de ITU em todo o território cearense permaneceu na faixa maior que 72 e menor que ou igual a 78, que denota estado de alerta para o rebanho, visto que esta faixa está acima do índice crítico para a produção de leite, onde o desempenho produtivo encontra-se comprometido.

3.4 Aplicação do geoprocessamento no estudo da susceptibilidade à erosão no estado do Ceará

3.4.1 Contextualização

A erosão do solo é um dos estágios finais da degradação de um ambiente natural, e constitui um grave problema que pode ser decorrente da produção pecuária. Em linhas gerais, a erosão é o processo pelo qual as partículas do solo são carregadas para outros locais, devido aos processos naturais e/ou antrópicos, até expor a rocha matriz.

A partir do momento em que uma pastagem passa a ser explorada e não é realizada a reposição dos nutrientes, esta começa a perder gradativamente vigor e produtividade. Futuramente, caso continue sem a devida manutenção, haverá a perda da qualidade, acentuada pelas plantas daninhas, pragas e doenças. Nesse processo, o pisoteio gerado pelos animais em pastejo por longos períodos de tempo resultará na compactação da terra, perda da pastagem, exposição do solo e a erosão.

Processos erosivos podem ocorrer de forma natural ou antrópica (ação do homem), sendo que a erosão natural ocorre de maneira lenta e é facilmente recuperada pelos próprios mecanismos do ambiente, tendo, portanto, poucos efeitos. No entanto a erosão causada pela ação do homem pode ter consequências irreversíveis ou que serão necessários vários anos para a sua recuperação.

Dessa forma, pretende-se mensurar o nível de susceptibilidade à erosão antrópica presente no território cearense, através da análise dos fatores ambientais envolvidos no processo, como: pedologia, litologia, declividade, intensidade de chuva, nível de cobertura vegetal do solo e seus tipos de ocupação. Para isso serão utilizadas ferramentas do geoprocessamento e sensoriamento remoto.

3.4.2 Procedimentos

Foram utilizadas imagens de satélite em todo o estado e processadas em ambiente SIG para a espacialização das informações. Cada componente do estudo foi reclassificada de acordo com o grau de vulnerabilidade à erosão por meio das ferramentas “r.reclass” e “r.recode” do software QGIS 2.14 na escala de 1 a 3, indo do menor para o maior risco à erosão. As variáveis analisadas foram: aspectos geológicos – que incluem a declividade do terreno, pedologia e litologia; a agressividade das chuvas, estimada através do índice

modificado de Fornier; os tipos de uso e ocupação do solo e o índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI.

O mapa pedológico (mapa das classes de solo) do estado do Ceará foi fornecido em formato shapefile pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE e classificado de acordo com a susceptibilidade de cada solo, conforme Crepani *et al.* (2001), sendo atribuídos pesos de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7 - Valores de vulnerabilidade dos solos.

CLASSE DE SOLO	SIGLA	VU
LATOSSOLOS:AMARELO	LA	
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO	LV	
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO	LE	
LATOSSOLO ROXO	LR	1
LATOSSOLO BRUNO	LB	
LATOSSOLO HÚMICO	LH	
LATOSSOLO BRUNO-HÚMICO	LBH	
PODZÓLICO AMARELO	PA	
PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO	PV	
PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO	PE	
TERRA ROXA ESTRUTURADA	TR	
BRUNO NÃO-CÁLCICO	NC	2
BRUNIZÉM	B	
BRUNIZÉM AVERMELHADO	BA	
PLANOSSOLO	PL	
CAMBISSOLOS	C	2,5
SOLOS LITÓLICOS	R	
SOLOS ALUVIAIS	A	
REGOSSOLO	RE	
AREIA QUARTZOSA	A	
VERTISSOLO	V	
SOLOS ORGÂNICOS	HO	
SOLOS HIDROMÓRFICOS	HI	
GLEI HÚMICO	HGH	3
GLEI POUCO HÚMICO	HGP	
PLINTOSSOLO	PT	
LATERITA HIDROMÓRFICA	LH	
SOLOS CONCRECIONÁRIOS	CL	
LATERÍTICOS		
RENDZINAS	RZ	
AFLORAMENTO ROCHOSO	AR	

Fonte: Crepani et al. (2001).

A caracterização litológica (tipos de rocha) do estado foi obtida a partir da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM e classificados de acordo com Crepani *et al.* (2001), conforme a Tabela 8.

Tabela 8 - Escala de vulnerabilidade à denudação das Rochas mais comuns.

Classe Litológica	Pontuação
Quartzitos ou metaquartzitos	1,0
Riólito, Granito, Dacito	1,1
Granodiorito, Quartzo Diorito, Granulitos	1,2
Migmatitos, Gnaisses	1,3
Fonólito, Nefelina, Sienito, Traquito, Sienito	1,4
Andesito, Diorito, Basalto	1,5
Anortosito, Gabro, Peridotito	1,6
Milonitos, Quartzo muscovita, Biotita, Clorita xisto	1,7
Piroxenito, Anfibolito, Kimberlito, Dunito	1,8
Hornblenda, Tremolita, Actinolita, xisto	1,9
Estauroлита xisto, Xistos granatíferos	2,0
Filito, Metassilito	2,1
Ardósia, Metargilito	2,2
Mármore	2,3
Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	2,4
Conglomerados, Subgrauvacas	2,5
Grauvacas, Arcózios	2,6
Siltitos, Argilitos	2,7
Folhelhos	2,8
Calcários, Dolomitos, Margas, Evaporitos	2,9
Sedimentos Inconsolidados: Aluviões, Colúvios etc.	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001).

O mapa digital de elevação do Ceará (Figura 2) foi convertido em declividade (%) por meio da ferramenta “Slope” presente no software QGIS 2.14. A declividade do terreno foi classificada conforme a Embrapa (1979) e reclassificada de acordo com o nível de vulnerabilidade à erosão de 1 a 3, conforme Crepani *et al.* (2001), como mostra a Tabela 9.

Tabela 9 - Classes de declividade com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade.

CLASSES MORFOMÉTRICAS	DECLIVIDADE (%)	VALORES DE VULNERABILIDADE
Muito Baixa	< 2	1
Baixa	2 – 8	1,5
Média	8 – 20	2
Alta	20 – 45	2,5
Muito Alta	> 45	3

Fonte: Crepani et al. (2001).

A erosividade das chuvas foi calculada com base nos dados das estações pluviométricas da Funceme, entre 1989 e 2018 (Figura 6), através do índice proposto por Salazar & Quintero (2015). De acordo com essa metodologia, a erosividade anual histórica das chuvas pode ser calculada utilizando-se a Equação 20, que tem como variável independente o IMF do ano correspondente.

$$IE_{30} = \sum_1^{12} 38,4(IMF) + 28,3 \quad (20)$$

Onde, IE30 = Índice de Erosividade, calculado por 30 anos; MFI = Índice Fournier Modificado, calculado conforme a equação a seguir:

$$IMF_j = \frac{\sum_{i=1}^{12} (P_{ij})^2}{P_j} \quad (21)$$

Onde, MFIj = Índice de Fournier modificado no ano j, Pij = Precipitação do mês i, no ano j, Pj = precipitação total do ano j.

O Índice de Erosividade (Equação 20) foi calculado individualmente para cada um dos 30 anos estudados, em cada estação pluviométrica, onde a partir da média mensal foi obtida a média anual histórica de cada estação meteorológica, bem como o IMF, calculado de acordo com a equação 21. Os dados obtidos foram interpolados através do método multilevel-b-spline no Qgis 2.14 e classificados de acordo com a Tabela 10.

Tabela 10 - Classificação do índice de erosividade e índice modificado de Fournier - IMF, conforme Salazar & Quintero (2015).

Erosividade (MJ.mm.ha-1)	Classificação	Score	IMF	Classificação	Score
<1.000	Natural	1	<60	Muito baixa	1
1.000 – 5.000	Muito baixa	1,3	60-90	Baixa	1,5
2.500 – 5.000	Baixa	1,5	90-120	Moderada	2
5.000 – 7.500	Moderada	1,8	120-160	Alta	2,5
7.500 – 10.000	Alta	2,0	>160	Muito alta	3
10.000 – 15.000	Muito alta	2,3			
15.000 – 20.000	Severa	2,5			
> 20.000	Muito severa	3			

Fonte: Salazar & Quintero (2015).

O nível de cobertura vegetal do solo foi obtida com base no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), contido numa escala de valores entre -1 e 1, capazes de identificar o tipo de cobertura da superfície. Em que, valores negativos correspondem a água,

valores muito próximos ao zero, podem ser identificados como solo exposto e qualquer valor acima de 0,2 corresponde a algum nível de vegetação, cujos valores de radiância e reflectância foram os propostos por Allen *et al* (2007), conforme a equação 22.

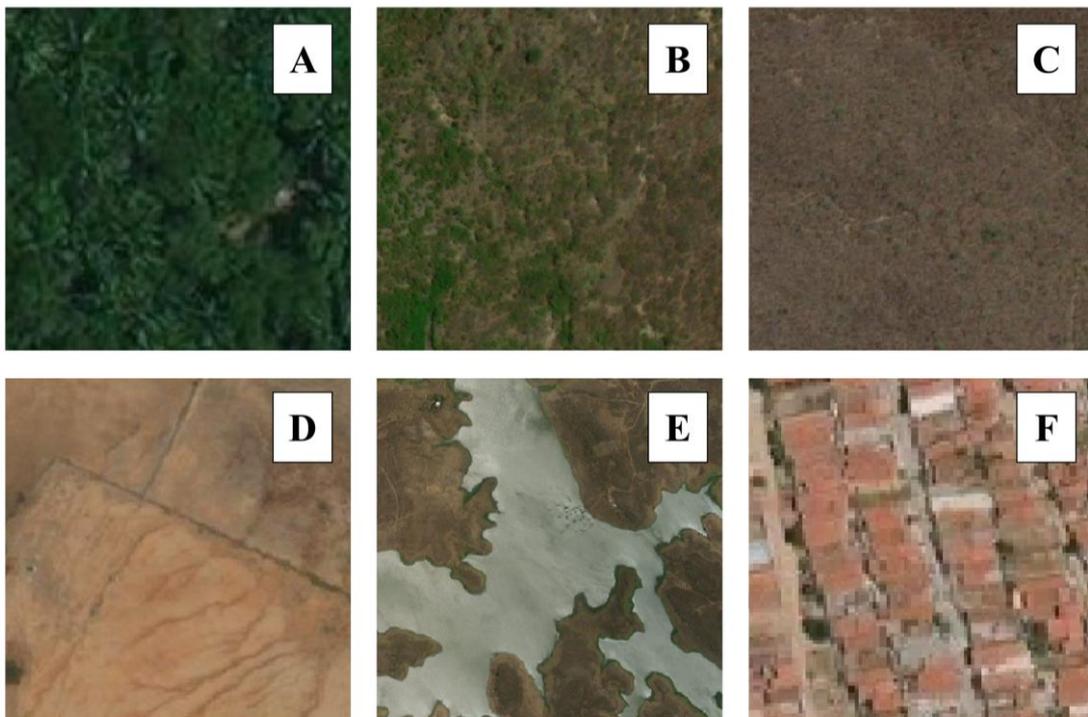
$$NDVI = \frac{\rho_{t,ivp} - \rho_{t,vm}}{\rho_{t,ivp} + \rho_{t,vm}} \quad (22)$$

Onde: $\rho_{t,ivp}$, $\rho_{t,vm}$ são refletâncias em satélite para as bandas do infravermelho próximo (850-880 nm) e vermelho (640-670 nm), respectivamente.

Os valores de NDVI foram identificados como: água (<0), solo exposto (0-0,2); vegetação rala ou esparsa (0,21-0,36) e vegetação densa (>0,36). Posteriormente, a imagem foi reclassificada atribuindo pesos as classes conforme risco de erosão, do maior para o menor: água: 0, solo exposto:3; vegetação rala ou esparsa: 2 e vegetação densa: 1.

A classificação supervisionada do uso e ocupação do solo foi realizada dentro do software QGIS 2.14 através do complemento Supervisioned Classifier Plugin - SCP plugin. As classes atribuídas ao uso do solo e suas respectivas pontuações foram: nuvem ou água: 0; floresta: 1; caatinga arbustiva: 1,5; vegetação rasteira: 2,5; e solo exposto e urbanização:3, conforme Figura 10.

Figura 10– Padrões para classificar uso do solo como: floresta (A), vegetação arbustiva (B) vegetação rasteira (C), solo exposto (D), água (E) e zona urbana (F).



Fonte: Autoria própria.

O sistema viário do estado (rodovias), obtido em formato vetorial, foi contornado com um buffer de 10 metros e transformado em imagem raster para a composição do mapa final. A conexão dos parâmetros analisados foi realizada com base no método de ponderação analítica AHP (Analytic Hierarchy Process). O processo de hierarquia analítica (AHP) foi desenvolvido com o objetivo de apoiar a tomada de decisão quando variáveis qualitativas e quantitativas precisarem ser consideradas.

O método foi introduzido por Saaty (1991) e atualmente é empregado em análises de diversos campos do conhecimento. Através da plataforma AHP Online Calculator, disponível no domínio: <https://bpmsg.com/ahp/ahp-calc.php>, foram elencados os critérios e comparados mutuamente quanto a sua importância. Em seguida foram obtidos os percentuais a serem atribuídos a cada um, conforme a prioridade exigida em formato de tabela e inserida no software Qgis 2.14, especificamente na calculadora Raster, onde foi realizada uma média ponderada estabelecendo os seguintes pesos (Tabela 11) para cada um dos componentes analisados.

Tabela 11 – Pesos das variáveis utilizadas.

Variável	Peso (%)
Declividade do Terreno	25%
Cobertura Vegetal (NDVI)	25%
Uso e Ocupação do Solo	15%
Erosividade das Chuvas	15%
Pedologia	10%
Litologia	8%
Rodovias	2%

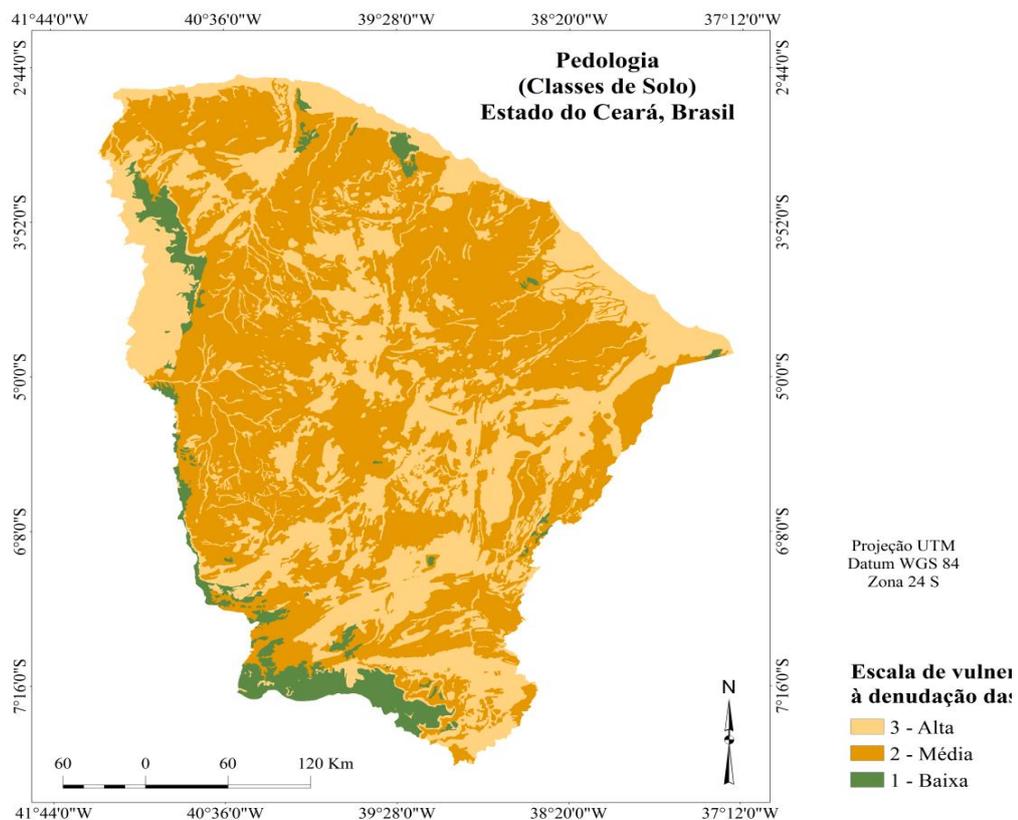
Fonte: Autoria própria.

3.4.3 Resultados e Discussão

Conforme Fantinel e Benedetti (2016), as rochas, os minerais e os depósitos sedimentares responsáveis pela formação dos solos, ao passar dos anos, sofrem com processos de intemperismo e acabam sendo lixiviados ou solubilizados. “Esse desgaste pode ocasionar a erosão principalmente quando o solo fica exposto, seja pelo desmatamento, queimadas ou pelo pisoteio dos animais e, com a ação gradativa das chuvas seus materiais vão sendo arrastados ocasionando erosões” (FANTINEL; BENEDETTI, 2016, p.161).

A litologia compreende o estudo especializado em rochas, no que se refere às suas camadas, processos de litificação, classificações e aos tempos geológicos em que ocorreram. Por motivos diversos, aos quais a litologia se dedica saber, rochas diferentes podem dar origem a solos mais vulneráveis ou mais resistentes à erosão. Crepani *et al.* (2001) sugeriram um grau de susceptibilidade à cada tipo de rocha, onde o estado do Ceará se comporta como mostra a Figura 11.

Figura 11– Mapa Litológico do Ceará, classificado conforme a escala de vulnerabilidade à denudação das Rochas de Crepani *et al.* (2001).



Fonte Dados da CPRM; Classes de Crepani *et al.* (2001).

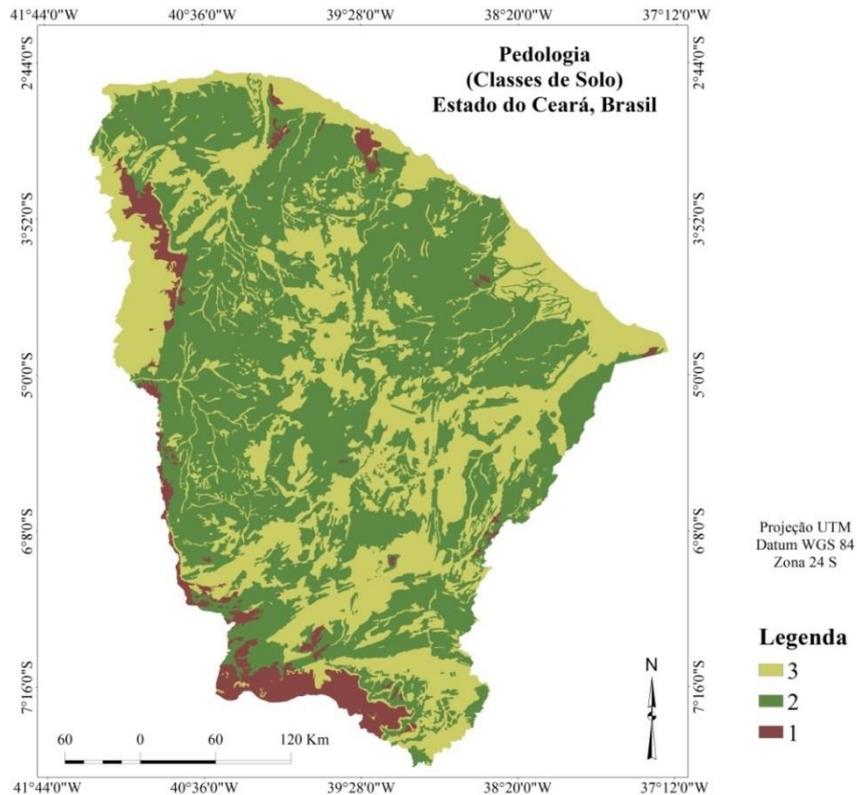
Conforme Claudino-Sales e Lira, o Estado do Ceará em sua uma grande diversidade de paisagens geomorfológicas, é coberto basicamente por rochas sedimentares e cristalinas de idades variadas, responsáveis por modelar o seu relevo. As rochas do embasamento cristalino cobrem a maior parte dos limites territoriais do Ceará. Essas rochas possuem grande capacidade de infiltração da água, pelas fraturas, o que impede a retenção da água da chuva, que sofrem rapidamente o processo de evaporação. Somam-se a isso as elevadas temperaturas, o baixo índice pluviométrico, a vegetação rala das depressões sertanejas que agravam o problema das secas e susceptibilidade à degradação ambiental.

Normalmente, os solos na região semiárida são pouco desenvolvidos devido à escassez das chuvas, que gera a mitigação dos processos químicos, os neossolos (litólicos ou flúvicos) são um bom exemplo. A vegetação está adaptada ao clima e pode funcionar como uma esponja para a retenção de água por mais tempo, entretanto, por ser rala e muito espaçada, deixa o solo nu e suscetível à erosão mecânica do vento e da água, que carregam as partículas do solo. A degradação é intensificada pelas queimadas e desmatamentos, feitos para obtenção de lenha e execução de atividades agropecuária, cujo fator contribui para o desaparecimento de diversas espécies, e caracteriza uma perda considerável da biodiversidade deste ecossistema (ARAÚJO, 2011).

Para Coelho *et al.* (2014), uma das causas de impactos em áreas naturais causados pelo uso de solo, é a exploração intensa de áreas em função da agricultura e pecuária familiar, muito presente na região semiárida do Nordeste brasileiro. Podendo causar perda da biodiversidade, infertilidade do solo e avanço da erosão (VANZELA *et al.*, 2010).

A pedologia constitui uma vertente da ciência do solo responsável por estudar a origem, a forma e as classes dos solos, que tem um papel essencial para a determinação do potencial e das limitações de uma região. A Figura 12 apresenta uma classificação do grau de vulnerabilidade pedológica à erosão no estado.

Figura 12– Mapa da Pedologia do estado do Ceará, classificada de acordo com a escala de vulnerabilidade à denudação das Rochas determinadas por Crepani *et al.* (2001).

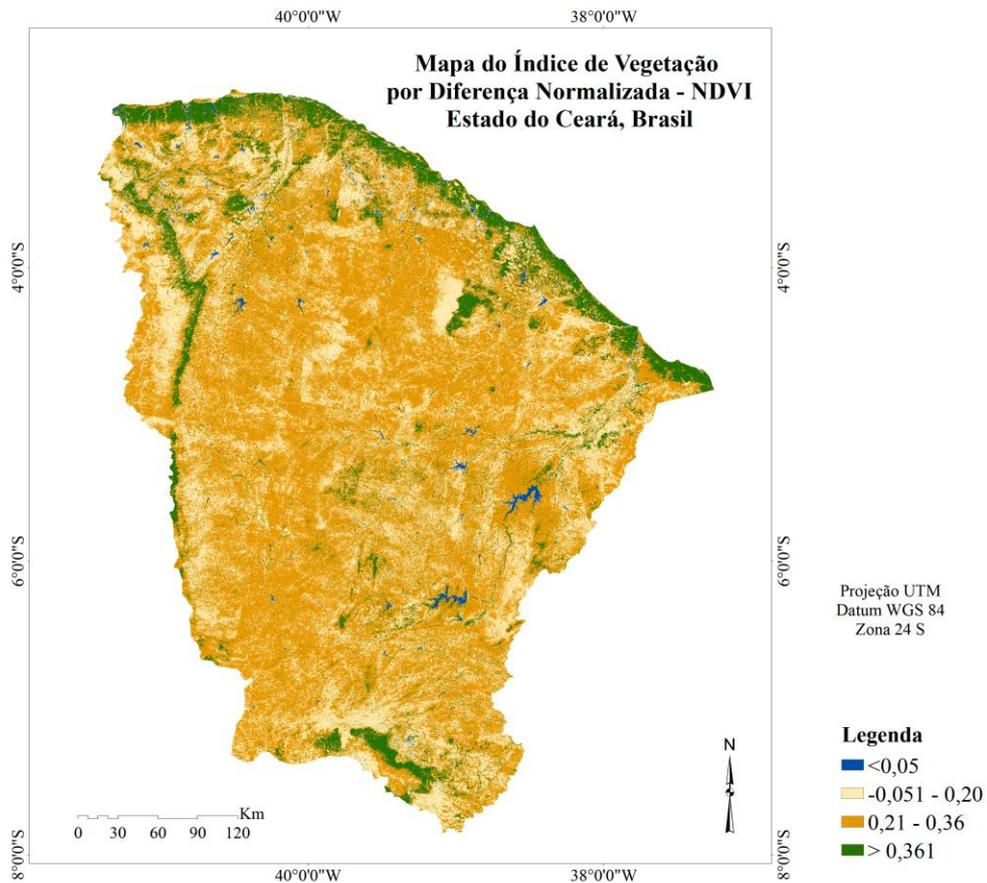


Fonte: Dados da CPRM; Classes de Crepani *et al.* (2001).

A pedologia é um ponto importante a ser considerado quando se estuda a viabilidade técnica e econômica de uma atividade em determinada região, bem como o planejamento de uso do solo. Conforme apresenta estudo realizado pela Embrapa, dos autores Lima *et al.* (2002), o Estado do Ceará apresenta 150.630 km², deste total, 8,5% da área é ocupada por espelhos d'água, restando uma área de 137.825 km² ocupada por solos. Destes solos, 9,7% dos solos são enquadrados no grau de limitação Nulo, 15,6% como grau de limitação Ligeiro, 54,1% como grau de limitação Moderado, 6,7% como grau de limitação Forte e 13,9% como grau de limitação Muito Forte.

A vegetação é outro importante componente natural capaz de impedir um processo de erosão. Nesse estudo, o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), obtido por meio de imagens de satélite, representa o nível de cobertura vegetal e será utilizado como um indicador de vulnerabilidade à erosão, conforme apresenta a Figura 13.

Figura 13 – Espacialização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI no estado do Ceará.

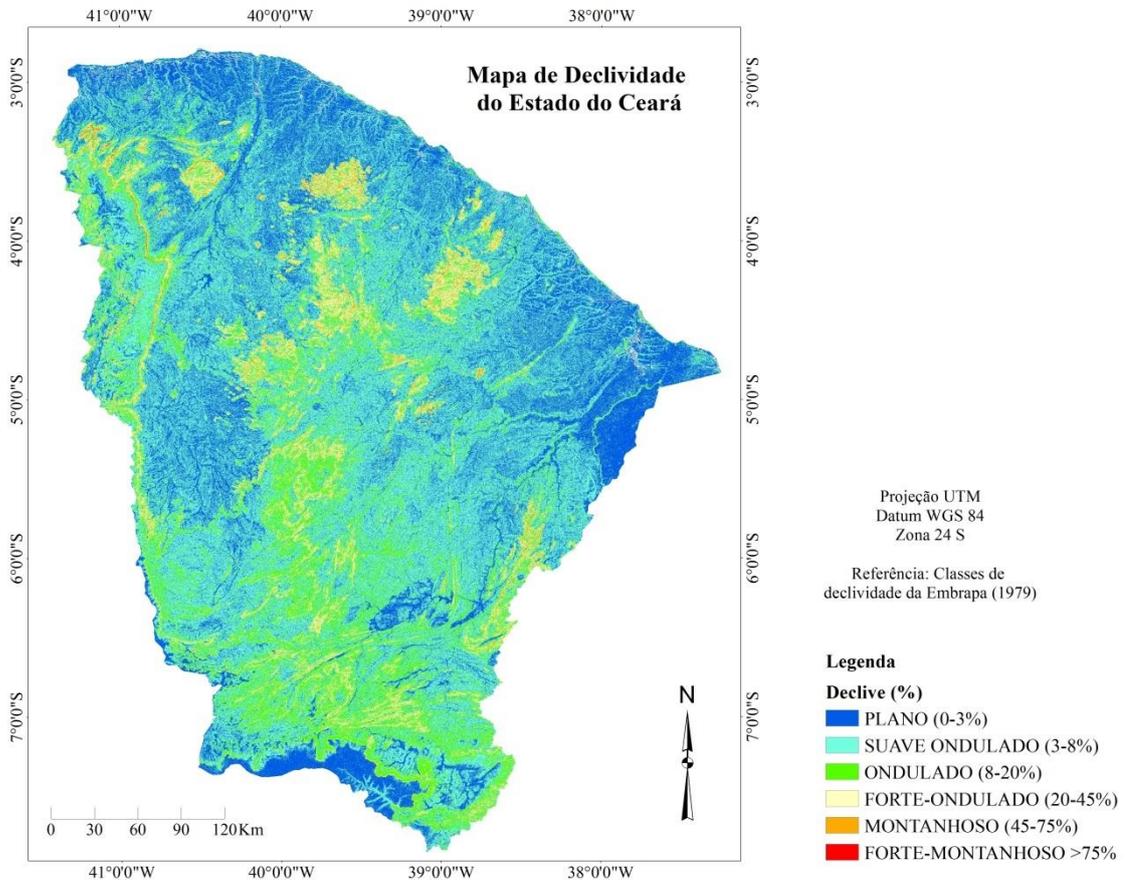


Fonte: Autoria própria.

As vegetações mais adensadas e vigorosas começaram a ser identificadas a partir do índice de NDVI igual a 0,34 até 1,05. O solo exposto foi identificado de 0 a 0,2, a partir de onde surgiram os primeiros níveis de vegetação entre 0,21 e 0,36, que caracteriza a maior parte do território cearense, ou seja, vegetação rala e esparsa. Os valores encontrados abaixo de zero representaram a água.

Conforme Oliveira (2016), o relevo terrestre é o resultado da interação entre os processos geológicos internos e externos à crosta terrestre, sobre a qual a ação antrópica pode modificar sua gênese natural e possibilitar a instalação de processos erosivos. A Figura 14 apresenta o relevo do estado do Ceará classificado de acordo com a sua declividade e conforme as classes propostas pela Embrapa (1979).

Figura 14 - Mapa de declividade do Estado do Ceará.



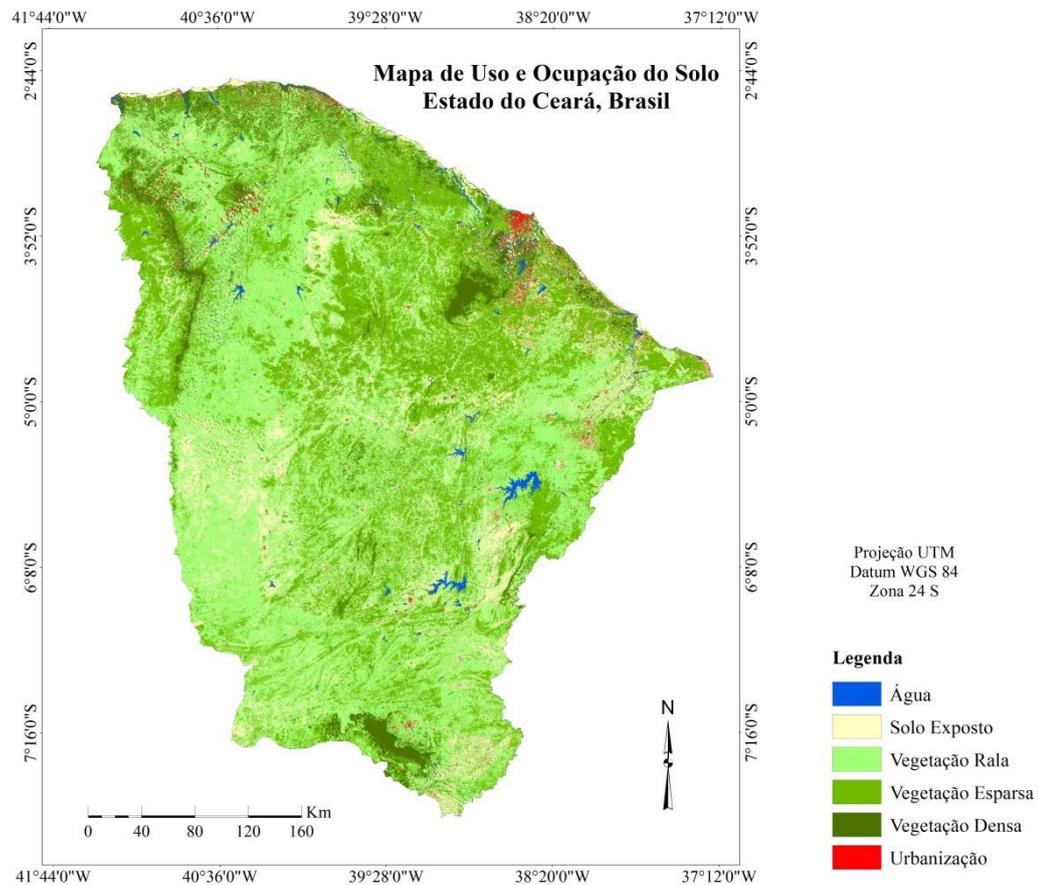
Fonte: Autoria própria.

Nota-se que quase todo o território cearense é composto por declividades que vão do Plano ao ondulado (até 20% de declividade), poucas vezes encontra-se áreas com declive forte-ondulado e raras vezes montanhoso. As planícies ocupam grande parte do litoral e das chapadas do Apodi e Araripe.

De acordo com Régis Filho (2008), a classificação de um território tem por objetivo a organização do espaço, a fim de responder e harmonizar as necessidades humanas com base na compreensão espacial do território. Dessa forma, são avaliadas as diversas estruturas que compõem o mesmo, procurando compor acertadamente as pretensões do uso racional do solo disponível. Completa que esta análise permite o planejamento, o estabelecimento das aptidões, vocações, capacidades e potencialidades do território para cada uso do solo. Visto que para planejar o bom uso de um ambiente, antes, é preciso conhecê-lo.

A fim de se conhecer as interferências antrópicas realizadas no estado, a classificação do uso e ocupação do solo no território cearense apresenta-se na Figura 15.

Figura 15 – Mapa de uso e ocupação do solo no estado do Ceará.

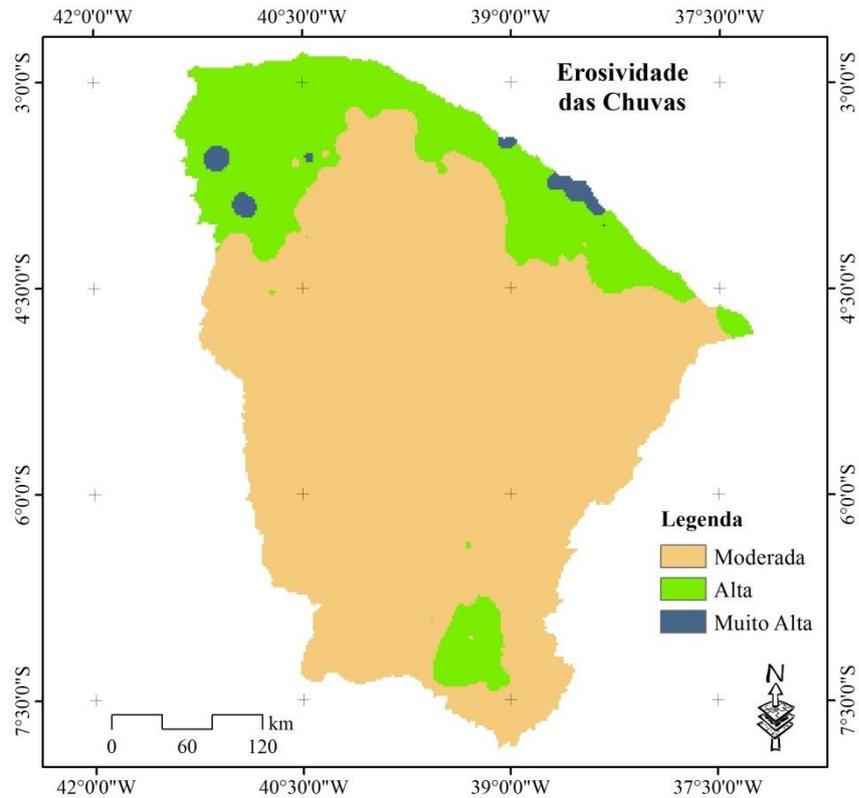


Fonte: Autoria própria.

Nota-se que a maior parte do território é ocupada por vegetação rala ou esparsa. O comprimento de onda refletido pelo solo exposto ao satélite muito se assemelha aos comprimentos de onda refletidos pelas áreas urbanizadas. Provavelmente, por conta do material que são feitos os telhados. Esse motivo dificultou algumas vezes a identificação de áreas urbanizadas, confundidas por vezes com solo exposto.

A intensidade das chuvas é outro fator de grande potencial erosivo. A espacialização do Índice de Erosividade das Chuvas, descrito por Salazar e Quintero (2015), no Ceará encontra-se na Figura 16, onde a chuva atua de forma moderada na maior parte do estado, tendo nas regiões litorânea e Cariri as maiores concentrações de Chuva.

Figura 16 – Mapa de Erosividade das Chuvas no estado do Ceará.

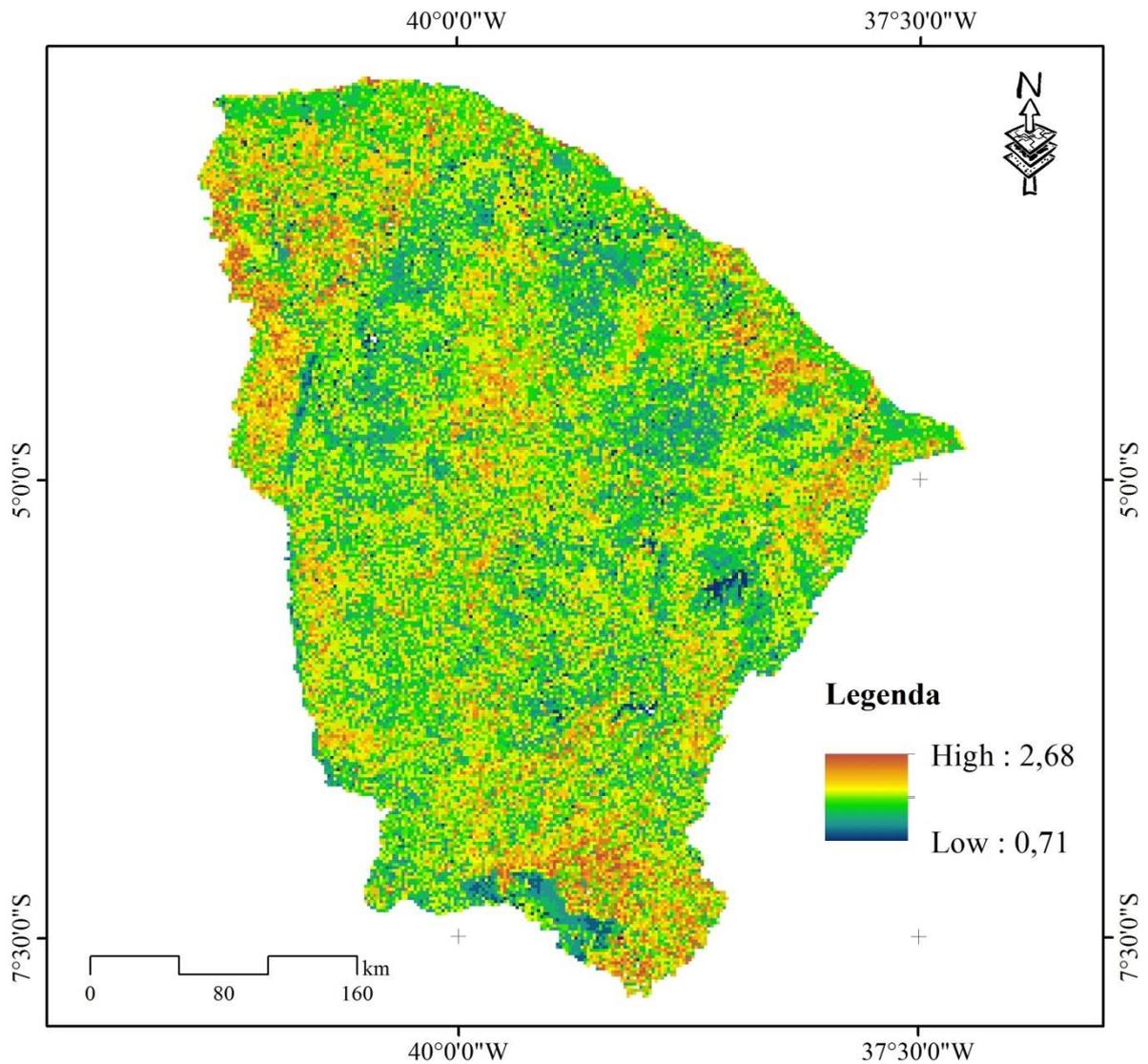


Fonte: Autoria própria.

A chuva apresenta duas concepções em relação à erosão do solo. No caso deste estar descoberto e, preponderantemente, se apresentar acentuada declividade, constitui um fator de risco. Por outro lado, regiões com regularidade e intensidade de chuva constituem em geral, locais com maior quantidade de vegetação e que, por sua vez, representa um fator positivo no controle da erosão.

Com base nas variáveis apresentadas, foi gerado o mapa final deste estudo, onde as áreas destacadas em vermelho na Figura 17 representam as localidades com maior susceptibilidade à erosão e, portanto, áreas que necessitam de maior cuidado no manejo e uso do solo.

Figura 17 - Mapa final de susceptibilidade à Erosão no Estado do Ceará.



Fonte: Autoria própria.

A fisionomia dos ambientes presentes no estado do Ceará apresenta grande diversidade. Há locais que apresentam alta vulnerabilidade aos processos erosivos, e outros com riscos mínimos. Pode-se observar o topo da chapada do Araripe, ao extremo sul, como um ponto seguro, porém não indicado à exploração pecuária por se tratar de uma área que deve ser preservada.

Diversos autores propõem metodologias semelhantes para a caracterização da susceptibilidade à erosão, e que foram utilizados para nortear este estudo, tais como: Faria *et al.* (2003), Barbosa e Lorandi (2012) e Silva e Machado (2014).

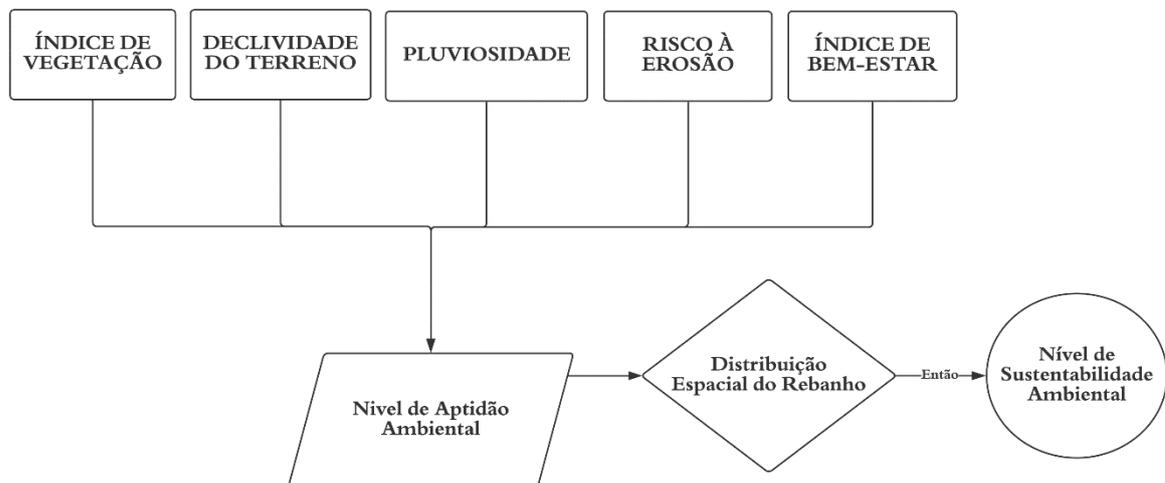
3.5 Visão Geral do potencial ambiental do Ceará para a bovinocultura

Os fatores considerados nesta pesquisa como influentes na atividade bovina dentro do contexto ambiental, foram: a temperatura e a umidade, posteriormente compiladas no Índice de Temperatura e Umidade – ITU; a Declividade do terreno; a Susceptibilidade à erosão; o Índice de cobertura vegetal, representado pelo NDVI, e a pluviosidade média. Esses fatores foram recalculados em valores de 0 a 1 - por meio das equações 23 e 24 - e utilizados para a construção do mapa de aptidão ambiental do Ceará para a bovinocultura. Dessa forma, foi realizada a soma dos componentes, onde quanto maior a pontuação obtida, melhor a condição do local para exercer a atividade bovina (Figura 18).

A estatística Zonal apresentada ao fim da Dimensão Ambiental foi efetuada por meio do Plugin Estatísticas Zonais, presente no Software Qgis versão 3.4, que também está incluído em outras versões do programa, cuja função é realizar estatísticas em uma imagem matricial (raster) a partir de um arquivo vetorial. Nesse caso, foi realizada a média dos valores de pixel da avaliação ambiental dentro de cada limite municipal.

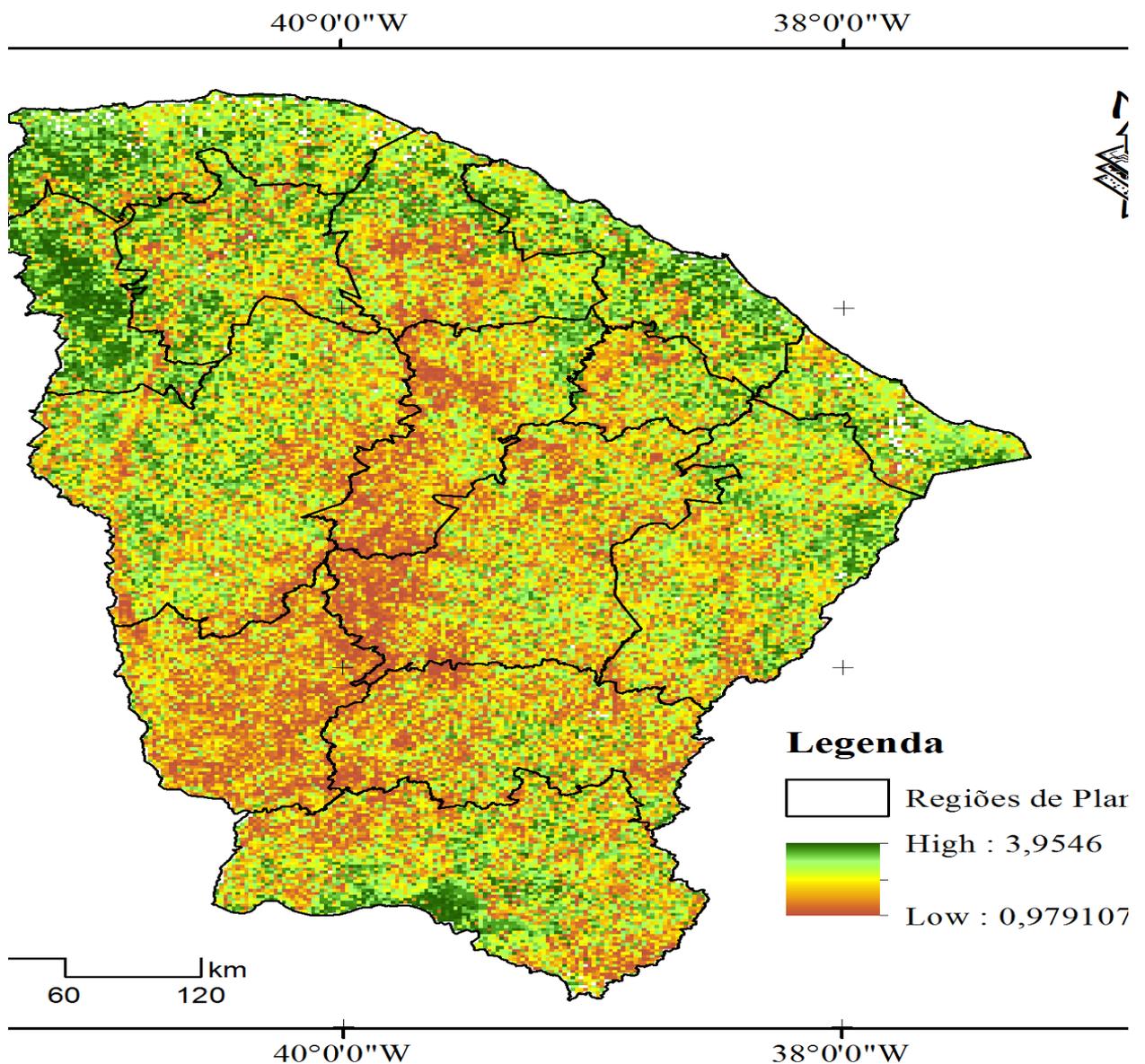
Em contraponto às características ambientais do estado, a distribuição espacial do rebanho pode auxiliar no estudo do tipo de relação que essa atividade exerce com o meio. Ou seja, com a finalidade de alcançar um dos resultados esperados, realizou-se a comparação entre potencial produtivo cearense, obtido na análise geral da dimensão ambiental, e a real produção existente no estado, a fim de determinar se o tamanho da produção condiz com as condições do meio.

Figura 18 - Fluxograma da análise ambiental.



No estado do Ceará, é sabida a grande multiplicidade de ambientes dentro do território, no que se refere às condições ambientais. Observar as potencialidades de um território pode ser uma ferramenta de grande utilidade para a gestão governamental na hora de planejar o investimento de seus recursos. A Figura 19 mostra onde há maior potencial para a atividade bovina dentro do estado do Ceará, na perspectiva da adequação ambiental.

Figura 19 - Mapa Geral da Dimensão Ambiental.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

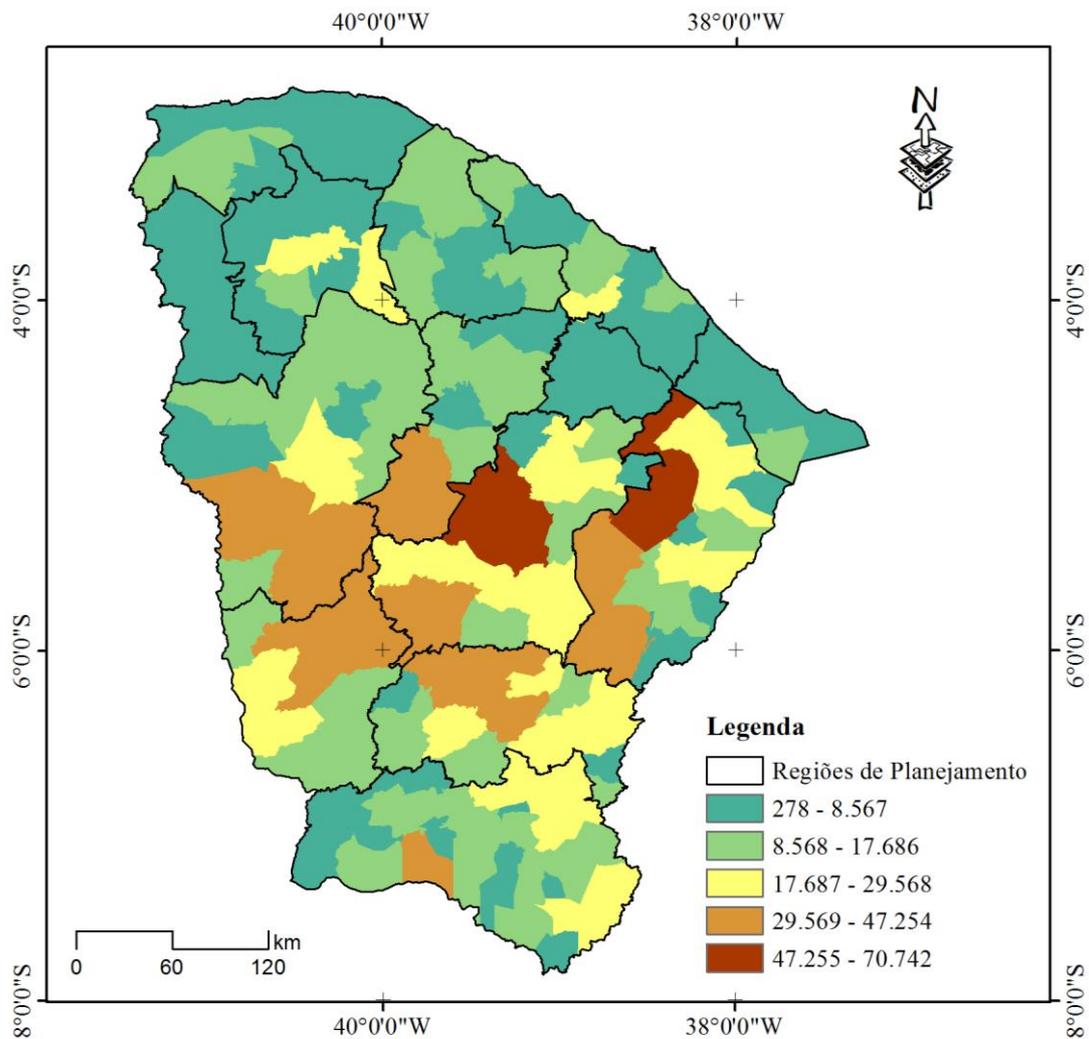
No norte do estado, nas proximidades do litoral, encontram-se as regiões de planejamento: Serra da Ibiapaba e Litoral Norte que, especialmente a primeira, apresentaram

um maior percentual de áreas indicadas como favoráveis à bovinocultura. O litoral norte apresenta altas temperaturas, mas é compensada pelos demais aspectos positivos, como o alto índice pluviométrico.

No extremo sul do Ceará, não exatamente sobre o topo da chapada, também se destaca uma considerável porção de áreas favoráveis à produção. Bem como, no vale do Jaguaribe e Litoral Leste, na porção em que faz divisa com o Rio Grande do Norte.

Nos sertões: Central, de Canindé e dos Inhamuns apresentam grandes áreas com baixa capacidade de suporte ao setor. Mas, que como pode ser observado na Figura 20, apresentam grande quantidade de rebanho bovino.

Figura 20 - Distribuição espacial do rebanho bovino no Estado do Ceará.



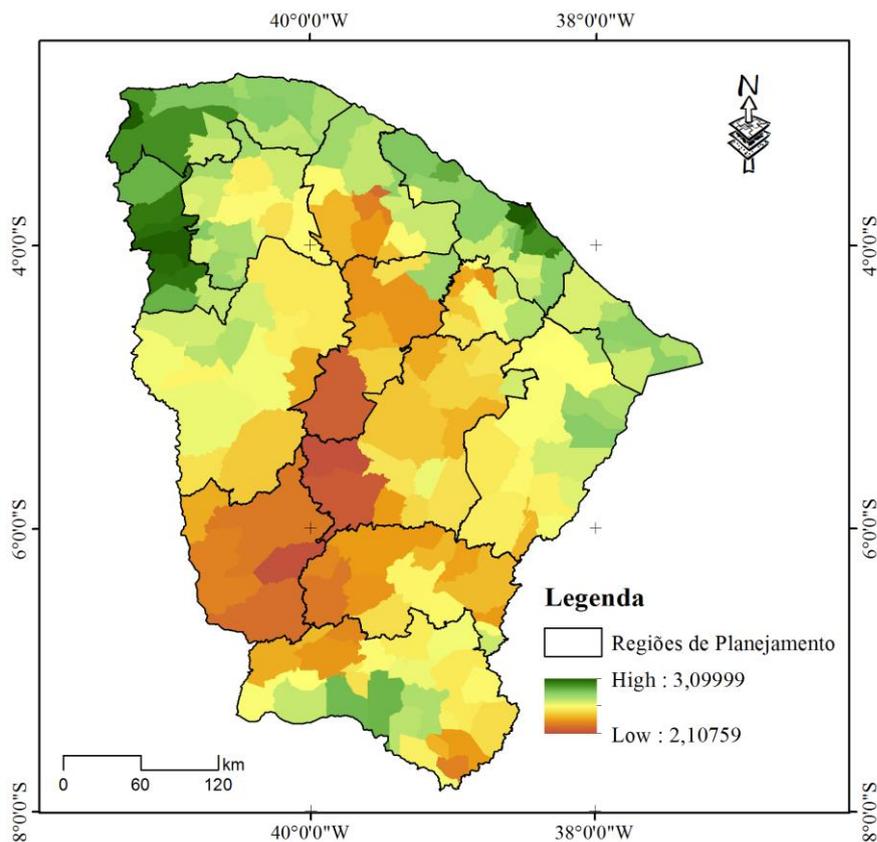
O número de rebanho bovino tem maior intensidade no centro do estado, onde Quixeramobim é o município com maior número de cabeças de gado (70.742 cabeças),

seguido de Morada Nova (47.255 cabeças). Quixeramobim encontra-se situado sobre uma área onde predominam rochas do embasamento cristalino e que, portanto, não possuem capacidade o suficiente para a retenção de água, sofre com a sazonalidade das chuvas, que são esporádicas, e ainda possui temperatura média bastante elevada (33,3°C).

De acordo com a CPRM (1998), o município de Quixeramobim encontra-se dentro do denominado Polígono das Secas, o seu regime pluviométrico é marcado pela extrema irregularidade de chuvas no tempo e no espaço e sofreu com períodos de secas ao longo da história que causaram grandes limitações ao seu desenvolvimento regional. A água é, portanto, escassa e constitui um bem natural de elevada limitação ao desenvolvimento socioeconômico e subsistência da população.

A fim de obter uma melhor comparação entre a distribuição espacial de bovinos e a capacidade ambiental de cada município, foi realizada a estatística zonal da Figura 19, com base na média de valores presentes em cada município, como é apresentada na Figura 21. O procedimento de Estatística Zonal foi realizado no software Qgis 3.4.

Figura 21 - Estatística zonal da avaliação ambiental em função do desempenho médio dos municípios.



Fonte: Autoria própria.

Nota-se que a Região metropolitana de Fortaleza apresenta boas condições ambientais de clima e relevo para a produção bovina, embora não seja possível o aprimoramento da atividade nessa região, devido ao acentuado nível de urbanização.

As regiões centrais, onde mais se concentram bovinos são as menos recomendadas, enquanto que há regiões menos exploradas e que apresentam melhores condições, de acordo com esse estudo, como: o Sul do Cariri, Serra da Ibiapaba e zonas litorâneas.

CAPÍTULO IV – ASPECTOS ANTRÓPICOS DA CRIAÇÃO BOVINA NO ESTADO DO CEARÁ: UMA VISÃO ECONÔMICA, SOCIAL E INSTITUCIONAL

4.1 Contextualização

Quando as sociedades humanas se deparam com um obstáculo ou um fator limitante, costumam utilizar os recursos e o potencial de cada meio para moldar os territórios de acordo com o que estejam necessitando. Este processo pode ser definido como antropização, que remete ao processo de transformação do meio ambiente através da ação humana. Uma área antropizada é aquela com a presença da sociedade exercendo atividades sociais, econômicas e culturais sobre o meio. Ao exemplo das primeiras civilizações, que foram estabelecidas à margem dos rios, que possuíam os recursos e potencialidades que as sociedades necessitavam para a sua sobrevivência e para iniciar as transformações dos espaços (FABER, 2011).

No presente trabalho, serão apresentadas diversas maneiras de se mensurar o desenvolvimento sustentável por meio de índices e indicadores, mesmo sabendo que, pelo atual estado da arte, a sustentabilidade é imensurável. Carvalho & Barcellos (2009), explicam em duas vertentes o porquê de a sustentabilidade ser imensurável. Primeiramente, afirmam que não há uma definição universal para sustentabilidade que possa ser aceita em todas as situações, não generalizada e precisa. Ou seja, não há um consenso acerca do conceito deste termo, considerando que o mesmo encontra-se em constante construção e mudança.

Para Silva *et al.* (2009), os indicadores de sustentabilidade se distinguem dos demais por demandarem uma visão holística do mundo, em que é preciso relacionar simultaneamente fatores econômicos, ambientais e sociais de determinada comunidade. Enquanto que um Índice (ou indicador sintético) é a junção de variáveis capazes de sintetizar um conceito abstrato e complexo, em um único valor, para facilitar a comparação entre localidades e grupos distintos, possibilitando ações de gestão e monitoramento (SESI-PR, 2010).

Dessa forma, o presente capítulo tem por objetivo analisar o nível de desenvolvimento econômico, social e apoio institucional atribuído à atividade agropecuária no estado do Ceará, por meio de geoprocessamento, avaliando o impacto econômico gerado pela atividade frente a aplicação de políticas públicas e investimentos no setor.

4.2 Procedimentos Metodológicos

Inicialmente, foram coletados da plataforma do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) os dados do censo agropecuário de 2017, a nível municipal, cujas variáveis são apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12 - Variáveis sociais, econômicas e institucionais analisadas, obtidas do novo censo agropecuário do IBGE, referente ao ano de 2017.

Variável	Unidade
Número de estabelecimentos agropecuários	Unidades
Número de estabelecimentos agropecuários com bovinos	Unidades
Número de estabelecimentos agropecuários que produziram leite de vaca	Unidades
Número de estabelecimentos agropecuários que venderam leite de vaca cru	Unidades
Número de estabelecimentos agropecuários com mais de 50 cabeças de bovinos que venderam bovinos para abate	Unidades
Área dos estabelecimentos agropecuários	Hectares
Área total dos municípios	Hectares
Quantidade produzida de leite de vaca	Mil litros
Quantidade vendida de leite de vaca cru	Mil litros
Valor da produção de leite de vaca	Mil Reais
Valor da venda de cabeças de bovinos para abate nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 cabeças	Mil Reais
Valor da venda de leite de vaca cru	Mil Reais
Número de cabeças de bovinos nos estabelecimentos agropecuários	Cabeças
Vacas ordenhadas nos estabelecimentos agropecuários	Cabeças
Número de cabeças de bovinos para abate vendidas nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 cabeças	Cabeças
PIB total dos municípios	Mil Reais
Escolaridade dos produtores rurais	Anos de estudo
Quantidade de contratos do Pronaf	Unidades
Valor dos contratos do Pronaf	Mil Reais
Número de DAPs ativas	Unidades
Número de Técnicos da Ematerce	Unidades

Fonte: Autoria própria.

Os dados da tabela foram relacionados e utilizados para gerar novas variáveis, conforme a Tabela 13.

Tabela 13 - Variáveis analisadas na dimensão Econômica.

Variável	Descrição
Média de animais por propriedade.	Número de cabeças de bovinos nos estabelecimentos agropecuários dividido

	pelo número de estabelecimentos agropecuários que produziram bovinos.
Afinidade com a produção bovina	Número de estabelecimentos que produziram bovino dividido pelo número total de estabelecimentos.
Rendimento econômico médio do Leite nos estabelecimentos	Valor médio adquirido pela venda do leite dividido pelo número de estabelecimentos agropecuários que produziram leite.
Produtividade média dos estabelecimentos	A quantidade média de leite produzida dividida pelo número de estabelecimentos agropecuários que produziram leite.
Densidade de cabeças bovinas por área	Número de cabeças bovinas por área de estabelecimentos agropecuários que produziram bovino.
Rendimento econômico médio do Abate nos estabelecimentos	Valor médio adquirido na venda de cabeças bovinas para o abate dividido pelo número de estabelecimentos agropecuários que venderam bovinos para o abate.
Representatividade da bovinocultura no PIB agropecuário do município.	Soma do valor adquirido pela venda do leite e das cabeças bovinas para o abate sobre o PIB total do município.

Fonte: Autoria própria.

As variáveis anteriormente citadas, juntamente com o número de pessoal ocupado na atividade bovina foram classificadas de 0 a 1 e, em seguida, submetidas a uma média aritmética simples, a fim de identificar os municípios do estado do Ceará em que a bovinocultura exerce maior importância.

O método utilizado para transformar os valores brutos, com unidades de medida diferentes, em valores de índice corresponde de 0 a 1, segue a metodologia utilizada por Waquil (2010) e foi operacionalizado a partir das equações 23 e 24, para normalização:

$$\text{Se a relação é positiva: } I = \frac{x-m}{M-m} \quad (23) \quad \text{Se a relação é negativa: } I = \frac{M-x}{M-m} \quad (24)$$

Em que, I = índice calculado referente a cada variável, para cada município analisado; x = valor observado específico para aquela variável e município; m = valor mínimo observado; M = valor máximo observado.

Da mesma forma, foram transformados os valores brutos em índices normalizados: o número total de contratos do Pronaf e o valor dos investimentos, nível de escolaridade dos produtores e o Índice da Cobertura de ATER, obtido a partir do número total de técnicos agropecuários que prestam assistência de forma pública e do total de DAPs ativas,

comparando-se os resultados dos municípios entre si a fim de identificar o nível de apoio institucional recebido.

O número total de contratos do Pronaf foi obtido no site do Banco Central do Brasil, correspondente ao período entre Janeiro e Dezembro de 2018, para cada um dos municípios do estado. Foram contabilizados os investimentos totais, que incluem financiamento para custeio de atividades, comércio, investimentos e indústria, dentro das atividades agrícolas e pecuárias.

O nível de escolaridade dos produtores foi estabelecido pela razão entre o número de indivíduos que alcançaram algum tipo de acesso à educação, sobre o número total de produtores, que inclui aqueles que nunca frequentaram a escola.

Os dados referentes ao número total de técnicos disponibilizados pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - Ematerce para cada um dos municípios foram solicitados por meio do e-SIC - Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao Cidadão, cuja solicitação foi atendida em tempo ágil. A Declaração de Aptidão ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - DAP é o documento de identificação da agricultura familiar. O número de DAPs ativas pode ser consultado facilmente por meio do site da Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário SEAD, solicitando o Extrato DAP como pessoa física.

Com a finalidade de analisar o nível de oferta de assistência técnica rural, foi utilizado o percentual da cobertura de ATER, obtido conforme a equação abaixo:

$$IC_{ater} = \frac{N_{tec}}{N_{DAP}} \times 100 \quad (25)$$

Onde: ICater é o Índice da Cobertura de ATER; Ntec é o número de técnicos extensionistas; NDAP é o número de DAP ativas.

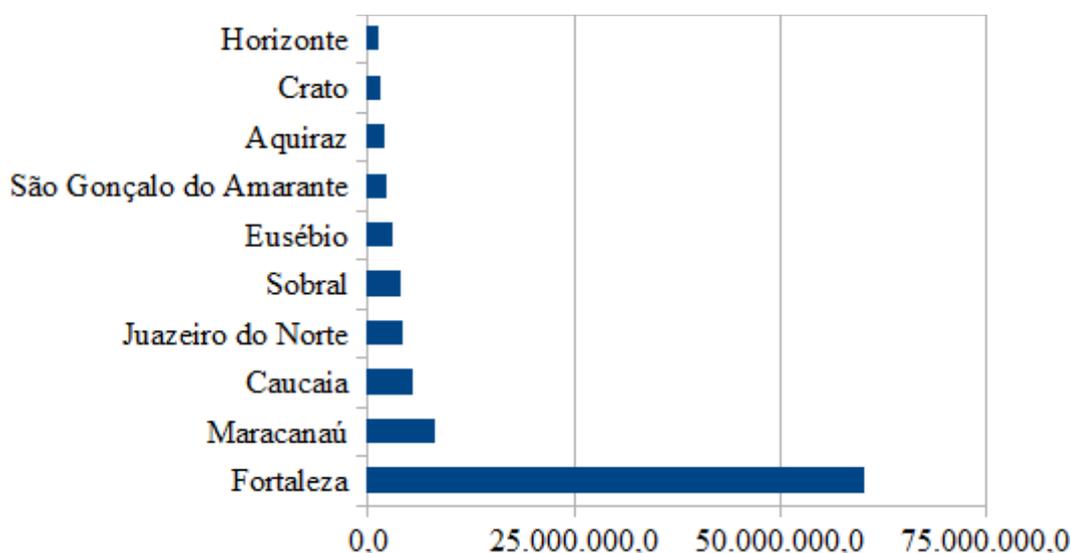
Para a confecção dos mapas temáticos foram utilizados os softwares QGIS e ArcGis 10.2, onde a simbologia foi realizada de acordo com as classes, que por sua vez foram calculadas com base no método quebras naturais (natural jenks). O método quebras naturais (Jenks) ou Natural Breaks Jenks, usa uma fórmula estatística para determinar grupos naturais de valores de atributos. Desse modo, o método minimiza a variação dentro de uma classe, agrupando os valores similares, e maximiza a variação entre classes distintas.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Desempenho econômico geral e agropecuário dos municípios

Inicialmente, analisando o desenvolvimento econômico cearense, pode-se observar que os 10 municípios com menor participação do setor agropecuário sobre o PIB, conforme dados do IBGE 2016, foram: Fortaleza 0,08%, Maracanaú 0,09%, Juazeiro do Norte 0,39%, Eusébio 0,63%, Sobral 0,79%, Caucaia 1,01%, Pacatuba 1,09%, Itaitinga 1,29%, Jijoca de Jericoacoara 1,81% e São Gonçalo do Amarante 1,94%. Dentre estas, encontram-se algumas das maiores economias do estado Figura 22.

Figura 22- Ranking dos 10 maiores PIB total do estado do Ceará.



Fonte: Adaptado de SIDRA – IBGE 2016.

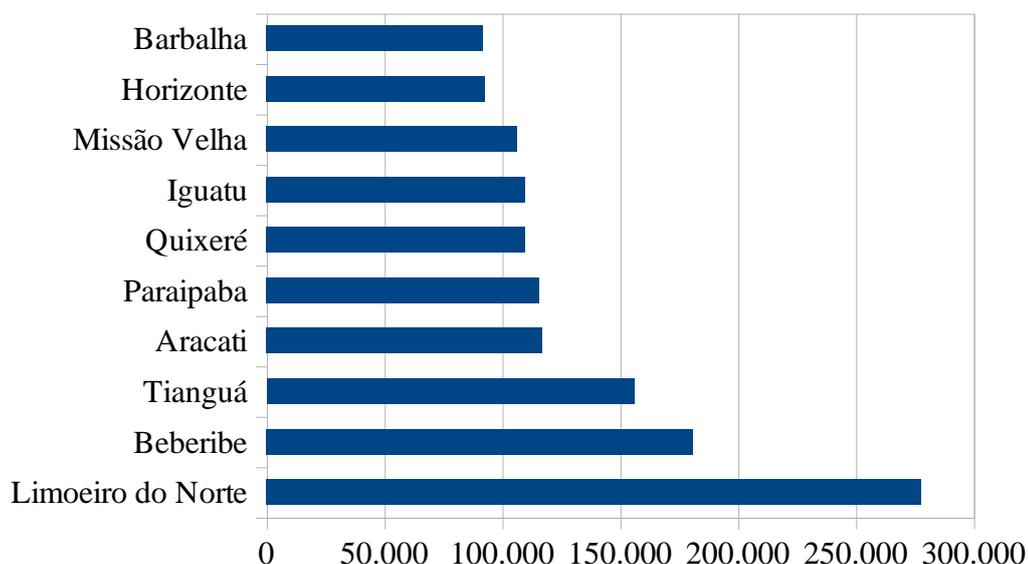
De acordo com os dados do IBGE, em 2016, a capital Fortaleza apresenta de longe o maior PIB do estado, um total R\$ 60.141.145,00 mil (os dados estão em mil) onde destes a agropecuária correspondeu a R\$ 47.368,00 (mil). Podemos identificar, portanto, que, fora das grandes fronteiras agrícolas, a economia gerada pelo setor agropecuário tem maior representatividade naqueles municípios em que o PIB total do município é inferior.

Como explica Brugnaro & Bacha 2009, com o crescimento da renda per capita, as pessoas passam a demandar outros tipos de bens além dos alimentos, visto que o nível de renda permite a satisfação das necessidades alimentares. Dessa forma, completa o autor, como os outros setores da economia crescem mais que a agropecuária, esta tende a reduzir sua

participação na composição do PIB. O crescimento de outros setores da economia é possibilitado pela liberação de mão-de-obra para os setores urbanos, devido ao êxodo rural.

Limoeiro do Norte se destaca por arrecadar o maior montante do estado no setor agropecuário, R\$ 277.638,00 (mil) (Figura 23), que representa 29,93% de sua economia total. Além disso, Limoeiro do Norte apresenta o 20º maior PIB do estado, correspondente a R\$ 927.621,00 (mil).

Figura 23 - Ranking dos 10 maiores PIB agropecuário do estado do Ceará – 2016.

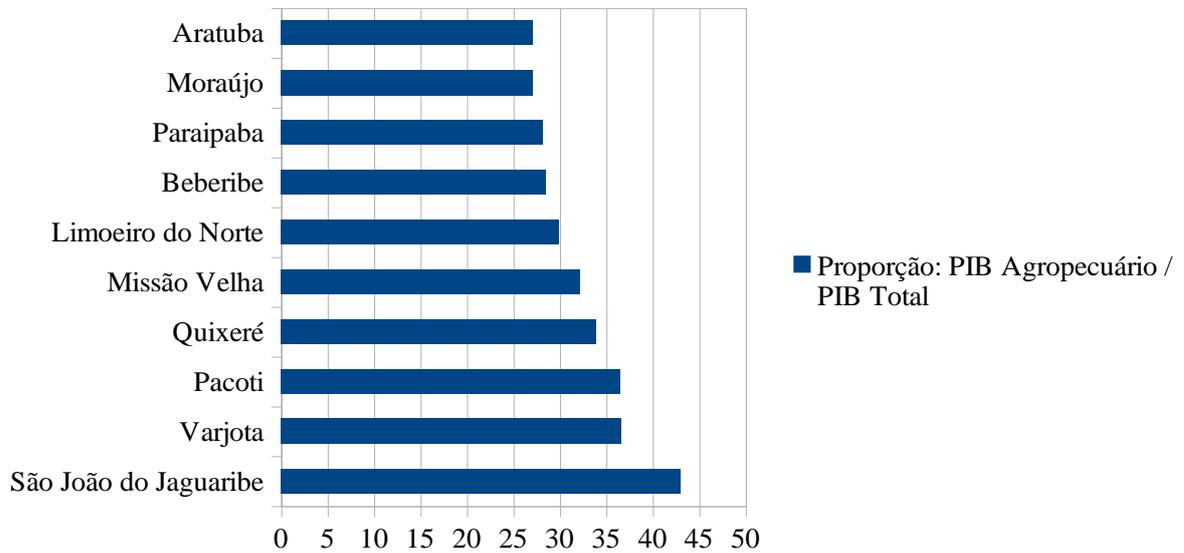


Fonte: Adaptado de SIDRA – IBGE 2016.

No cálculo do PIB de um país soma-se a produção de bens tangíveis e intangíveis, em que o produto final leva em consideração apenas os bens e serviços finais produzidos e realizados pelas empresas no ambiente interno do país. Conforme Araújo & Pontes (2018), o PIB traz a dimensão do volume de atividades econômicas, mas não a efetividade positiva ou negativa que essas atividades trazem para a população.

No estado do Ceará, os três municípios em que a agropecuária apresentou maior importância na formação do PIB municipal foram: São João do Jaguaribe 42,97%, Varjota 36,64% e Pacoti 36,52%, nestes municípios foram informados a presença de um único profissional para assistência técnica rural, conforme a Figura 24.

Figura 24 - Municípios com maior representatividade da agropecuária no PIB total – 2016.

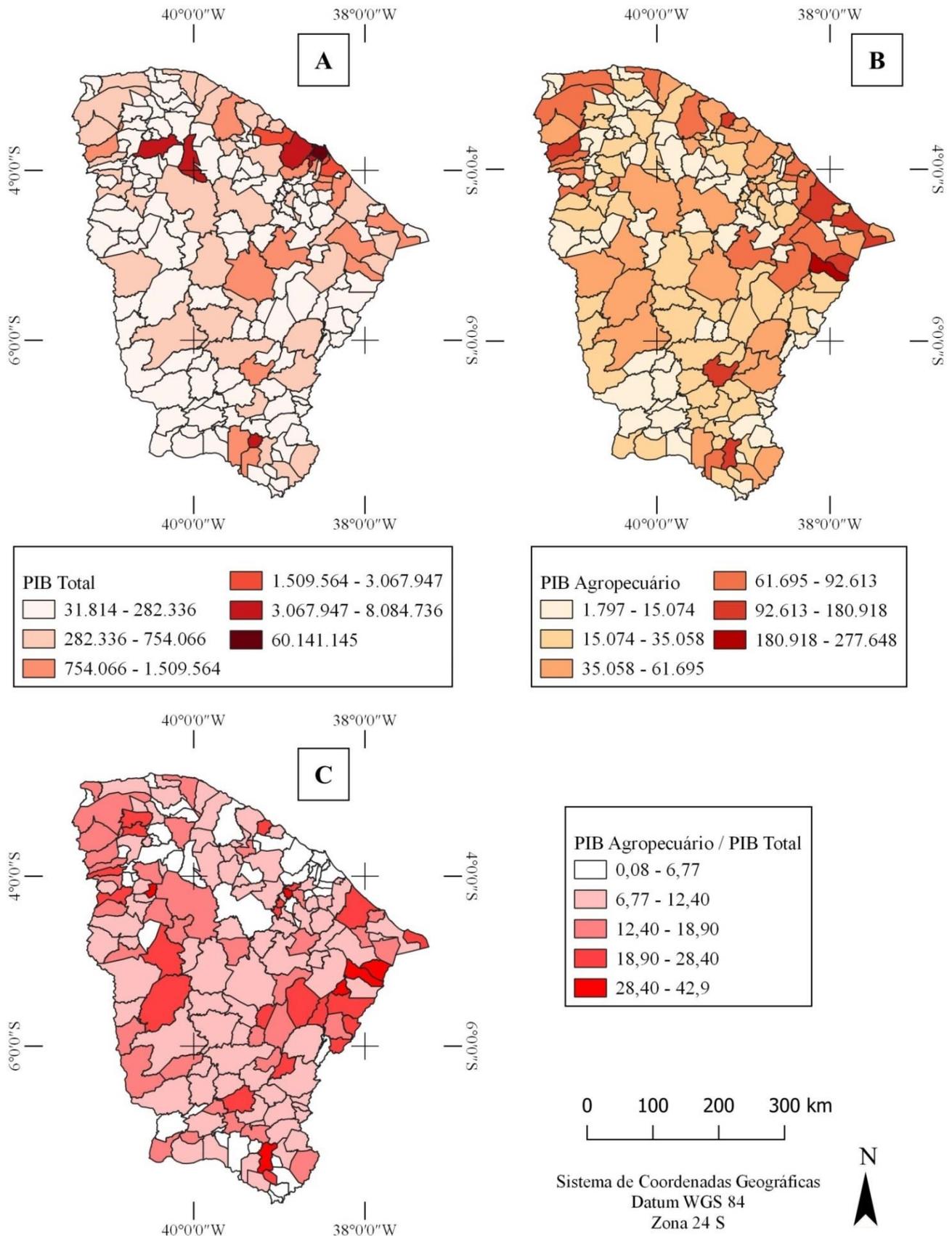


Fonte: Adaptado de SIDRA – IBGE 2016.

São João do Jaguaribe apresenta uma das menores economias cearenses, visto que se encontra na posição 138 de 184 no ranking dos maiores PIBs do estado, onde o setor agropecuário corresponde a 42,97% de seu PIB total. Verifica-se a ocorrência de 1 profissional de assistência técnica rural disponibilizado pela Ematerce, para um total de 934 DAPs ativas.

Com base nesses dados, que podem ser comparados na Figura 25, é possível afirmar a importância dos produtores rurais na economia de municípios com menor porte econômico, influenciando consideravelmente no desenvolvimento local. O espaço rural está cada vez mais sendo caracterizado por sistemas complexos, diversificados, integrados e interdependentes, em que o produtor rural se consolidou como protagonista no gerenciamento destes recursos.

Figura 25 - Mapeamento do PIB total A, agropecuário B e da representatividade do PIB agropecuário sobre o PIB total, obtida pela razão entre eles, em porcentagem C.

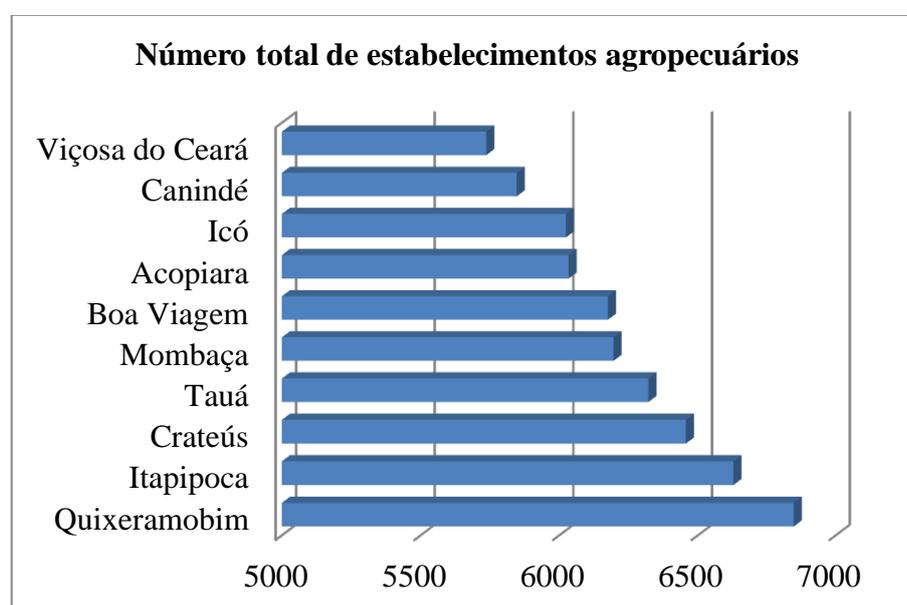


Fonte: Adaptado do IBGE 2016.

4.3.2 Perfil dos estabelecimentos produtores de bovinos no território cearense

De acordo com o IBGE 2017, há mais de 2,5 milhões de estabelecimentos agropecuários espalhados ao longo do território brasileiro. Deste total, mais de 100 mil - cerca de 4,5% - pertencem ao estado do Ceará. Onde Quixeramobim destaca-se por ser o município com maior número de estabelecimentos agropecuários (Figura 26).

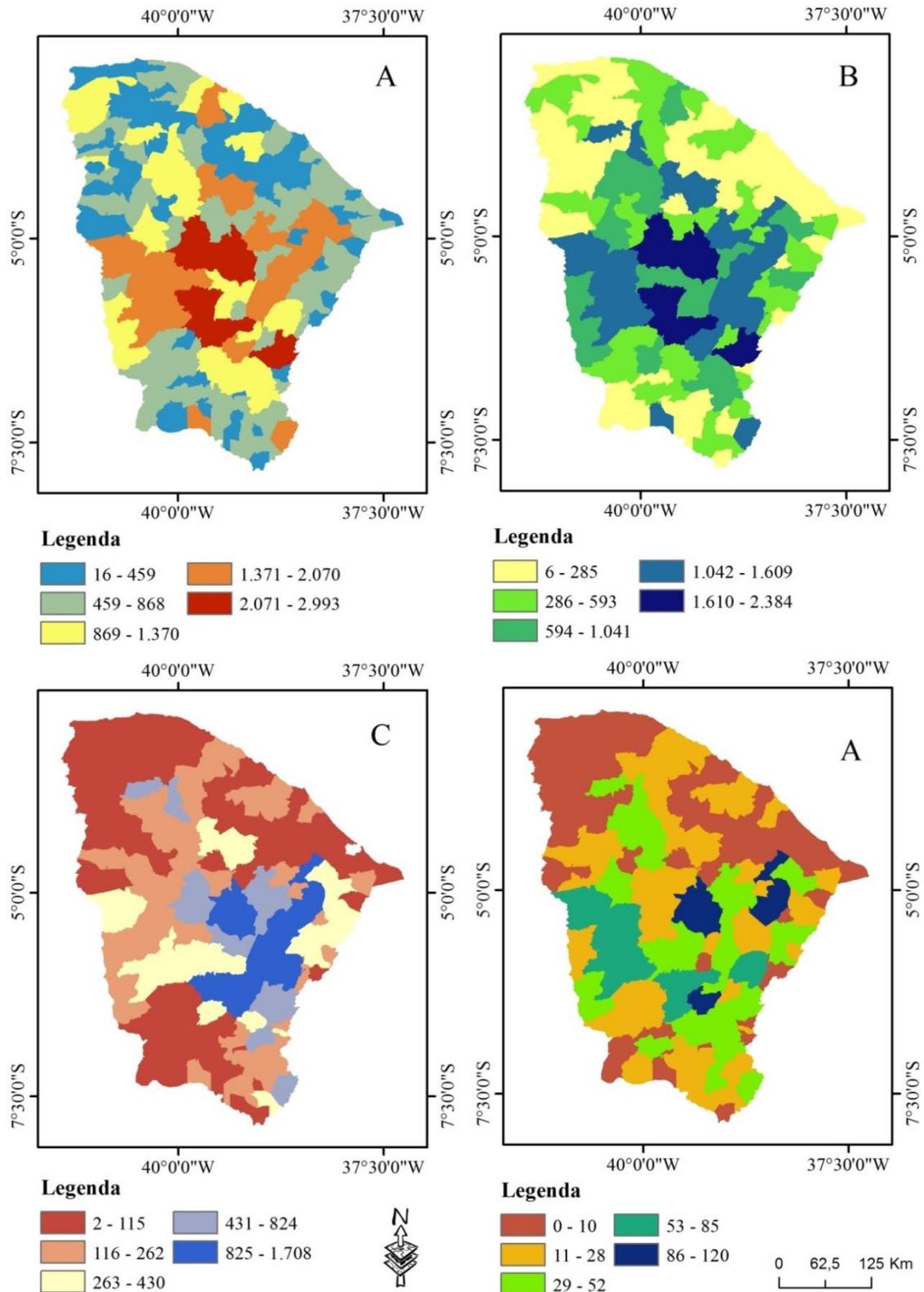
Figura 26 - Ranking de municípios com maior número de estabelecimentos agropecuários do Ceará.



Fonte: Adaptado do Censo Agropecuário de 2017 – IBGE.

O censo agropecuário 2017 do IBGE contempla uma detalhada caracterização dos estabelecimentos rurais, como o número total de unidades e subdividida por tipos de atividade, em que a Figura 27 apresenta dados relacionados à pecuária bovina no Ceará, a nível municipal.

Figura 27 - Número de estabelecimentos agropecuários com bovinos (A), Número de estabelecimentos agropecuários que produziram leite de vaca (B); Número de estabelecimentos agropecuários que venderam leite de vaca cru (C) e Número de estabelecimentos agropecuários com mais de 50 cabeças de bovinos que venderam bovinos para abate (D).



Fonte: Elaborado pelo autor, utilizando dados do censo agropecuário do IBGE 2017.

O município com maior número de estabelecimentos com bovinos é Quixeramobim, com um total de 2.993 unidades. Em seguida, nesta mesma ordem, Acopiara (2.596), Mombaça (2.478), Boa Viagem (2.295), Icó (2.081), Morada Nova (2.067), Tauá (2.004), Santana do Cariri (1.880), Independência (1.773) e Crateús (1.764) (IBGE, 2017).

Dos municípios cearenses, os que mais apresentam estabelecimentos produtores de leite são: Quixeramobim (2.384), Acopiara (2.059), Mombaça (2.015), Boa Viagem (1.747), Icó (1.614), Tauá (1.560), Morada Nova (1.473), Independência (1.425), Iguatu (1.395) e Jaguaratama (1.366) (IBGE, 2017).

Quixeramobim, Jaguaratama e Morada Nova contam com os maiores números de estabelecimentos com venda de leite, onde o total representa um 71,64%, 90,34% e 74,13% dos estabelecimentos com bovinos totais. Apesar de obter destaque no número de estabelecimentos produtores, Independência apresenta apenas 184 estabelecimentos que declaram vender o leite produzido. Enquanto que, Jaguaribe e Solonópole não estão entre os 10 maiores produtores de leite, mas ocupam a 4^o e 5^o colocação entre os municípios com maior número de estabelecimentos que venderam leite bovino (IBGE, 2017).

Dos estabelecimentos que produziram bovinos, aqueles com mais de 50 cabeças bovinas que venderam desses animais para abate são encontrados em maior quantidade nos municípios de Quixeramobim (120), Jaguaratama (103), Morada Nova (86), Jaguaribe (77), Solonópole (74), Acopiara (70), Iguatu (660), Quixeló (63), Icó (53) e Quixadá (51) (IBGE, 2017). Esses estabelecimentos se apresentam em uma quantidade bastante inferior àquelas que se declaram produtoras de leite, indicando a maior presença da bovinocultura leiteira no estado, em detrimento à bovinocultura de corte.

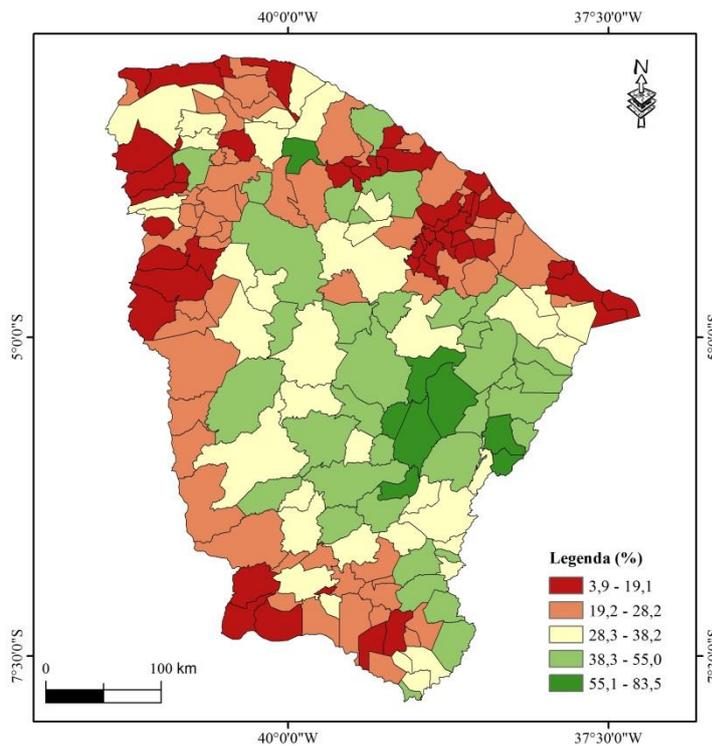
Esses dados podem indicar a importância econômica da atividade bovina para cada município e de cada ramificação do setor. Por exemplo, em Quixeramobim, o número de estabelecimentos que produzem leite apresenta uma quantidade 19,86 vezes maior do que os que produzem cabeças bovinas para o abate. Conforme o IBGE 2017, dos 394.330 estabelecimentos agropecuários cearenses, 114.714 produzem leite e apenas 2.900 produzem cabeças bovinas para o abate. Dessa forma, observa-se a predominância da atividade bovina leiteira sobre a bovinocultura de corte, no estado do Ceará.

De acordo com Ferreira *et al.* (2009), a pecuária leiteira aparece como uma das poucas opções nas regiões semiáridas, em especial no Nordeste do Brasil, em que a alimentação dos rebanhos é baseada na utilização de subprodutos de agroindústrias locais, forrageiras cultivadas e no uso da vegetação nativa, predominantemente a caatinga, aspecto que imprime características estacionais à produção nesta região.

A preferência pela bovinocultura leiteira pode ser justificada pelo fato da irregularidade e escassez das chuvas serem limitantes à produção de pastagem necessária à engorda dos animais criados para corte. Neiva *et al.* (2006) identificaram que nos estados do Ceará e Pernambuco o efetivo do rebanho bovino leiteiro é superior ao de corte, e levantaram a possibilidade do aproveitamento dos machos leiteiros para a pecuária de corte.

Com o objetivo de identificar o quanto as propriedades se dedicam à atividade bovina nos municípios cearenses, a Figura 28 apresenta o percentual das propriedades que declaram a criação de bovinos no censo agropecuário do IBGE (2017).

Figura 28 - Número de estabelecimentos agropecuários que produziram bovinos sobre o número total de estabelecimentos agropecuários.



Fonte: Elaboração própria, utilizando dados do IBGE (2017).

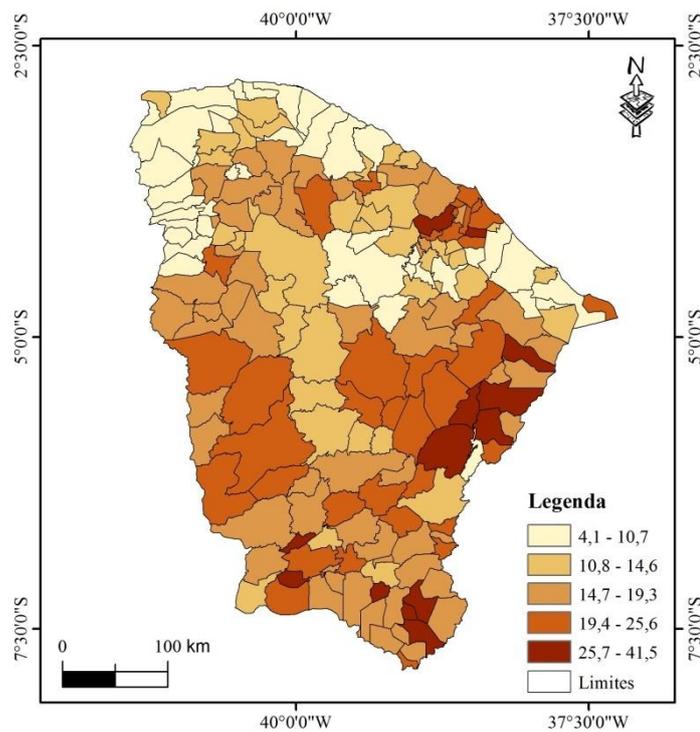
Jaguaretama destaca-se por 83,5% de seus estabelecimentos rurais apresentarem a criação de bovinos. Em seguida, destacam-se Miraíma (67,2%), Iracema (63,2%), Milhã (62,7%), Banabuiú (62,6%), Ererê (59,5%), Solonópole (58,7%), Quixelô (55,1%), Deputado Irapuan Pinheiro (53,6%) e Baixio (52,4%).

Conforme Costa (2014), e a maioria das propriedades leiteiras no estado do Ceará é composta de pequenos produtores, os quais não possuem boa estrutura de manejo, não

praticam o controle zootécnico, não são assistidos tecnicamente e possuem baixos índices produtivos e reprodutivos.

Obstante de estar presente ou não nas propriedades, a concentração de bovinos por estabelecimento constitui outro importante parâmetro a ser analisado. Visto que, em geral, apesar de presentes, os produtores cearenses caracterizam-se por serem de pequeno porte e exercerem a atividade como um meio de subsistência. Os locais onde há maior densidade ou quantidade média de bovinos por estabelecimento pode ser observada na Figura 29.

Figura 29 - Número de cabeças de bovinos nos estabelecimentos agropecuários (Cabeças) sobre o número de estabelecimentos agropecuários com bovinos (Unidades).



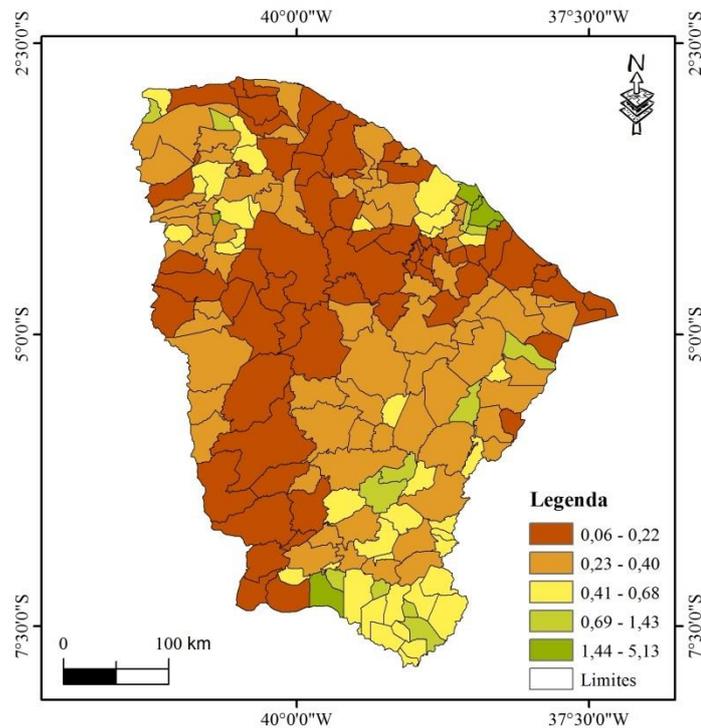
Fonte: Autoria própria, adaptado de dados do IBGE.

A concentração de cabeças por fazenda tem destaque no município de Maranguape. Provavelmente, neste município encontram-se os maiores produtores dentro do Estado. Brejo Santo (38,7%), Juazeiro do Norte (33,5%), Horizonte (33,0%), Iracema (30,4%), Abaiara (28,0%), Potengi (27,9%), Alto Santo (27,5%), Jaguaribe (26,8%), Jaguaribara (26,6%). A concentração de cabeças em Juazeiro do Norte, conhecido pelo

elevado crescimento urbano no interior do estado, foi elevada pela pequena quantidade de estabelecimentos – 7.717 cabeças em 230 propriedades.

A concentração de cabeças também pode ser analisada em função da área disponível para a produção, como pode ser observado na Figura 30.

Figura 30 - Número de cabeças de bovinos nos estabelecimentos agropecuários sobre a área dos estabelecimentos, em hectares.



Fonte: Adaptado de dados do IBGE.

Nesse caso, o município de Eusébio destaca-se pela maior população bovina por área, equivalente a 5,14 cabeças por hectare. Seguido de Pacujá (3,81), Fortaleza (3,09), Aquiraz (1,72), Pindoretama (1,44), Chaval (1,28), Horizonte (1,22), Martinópolis (1,1), Itaitinga (1,09) e Brejo Santo (1,07).

De acordo com Lira *et al.* (2013), é fundamental que o produtor limite a quantidade de animais de acordo com a quantidade de forragem produzida e com o período do ano, visto que a capacidade de suporte varia com a sazonalidade das chuvas. De acordo com os mesmos autores, vegetação nativa da caatinga do Nordeste é predominantemente de estrato arbustivo-arbóreo, composto por plantas de baixo potencial forrageiro e que constituem a base da alimentação da maioria do rebanho dessa região.

Quanto à capacidade de suporte do semiárido nordestino, é baixa (12 –15 ha/UA/ano), causando um baixo rendimento animal (6-8 kg de peso vivo/ha/ano), onde considerando apenas a época chuvosa do ano, a capacidade de suporte da caatinga fica em torno de 4 - 5 ha/UA/ano (LIRA *et al.*, 2013).

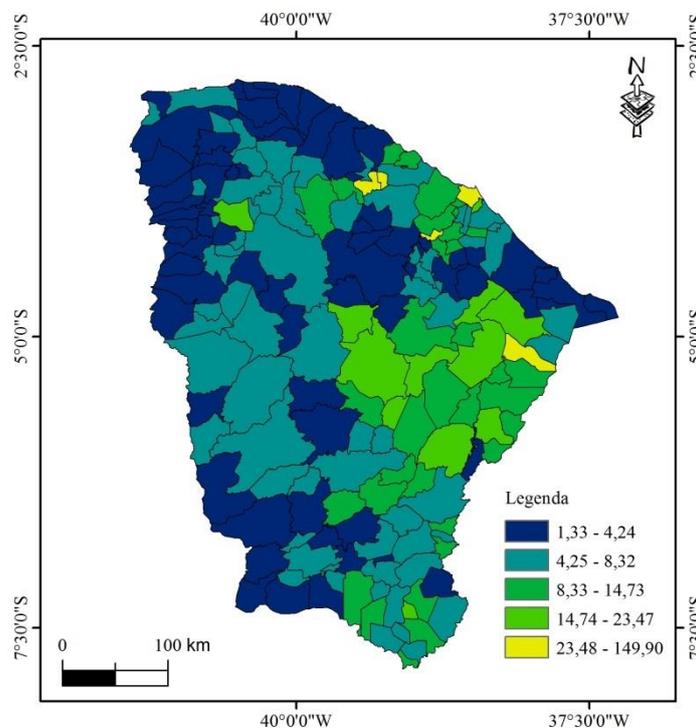
Algumas alternativas viáveis constituem as técnicas de rebaixamento, raleamento, enriquecimento com outras forrageiras, e armazenamento da forragem por meio da silagem e fenação.

4.3.3 Desempenho Econômico da pecuária bovina no Ceará

Nas últimas décadas, a produção leiteira no Brasil evoluiu progressivamente até posicionar o país como um dos principais do setor mundial. Conforme a Embrapa Gado de Leite (2018), de 1974 a 2014, passou de 7,1 bilhões para mais de 35,1 bilhões de litros de leite. O declínio do desempenho do setor começou a apresentar queda de 2015/2016, estimulados pelo recuo do preço do leite pago ao produtor no setor primário e pelo aumento do custo de produção – associado à quebra da safra brasileira de grãos no mesmo período (Embrapa Gado de Leite, 2018).

O estado do Ceará ocupa o 11º lugar no ranking dos estados brasileiros produtores de leite bovino, conforme dados do IBGE (2017), com 606.764 mil litros de leite produzidos. A média de leite produzido por propriedades é apresentada na Figura 31.

Figura 31 - Quantidade produzida de leite de vaca (Mil litros) dividido pelo número de estabelecimentos agropecuários que produziram leite de vaca (Unidades).



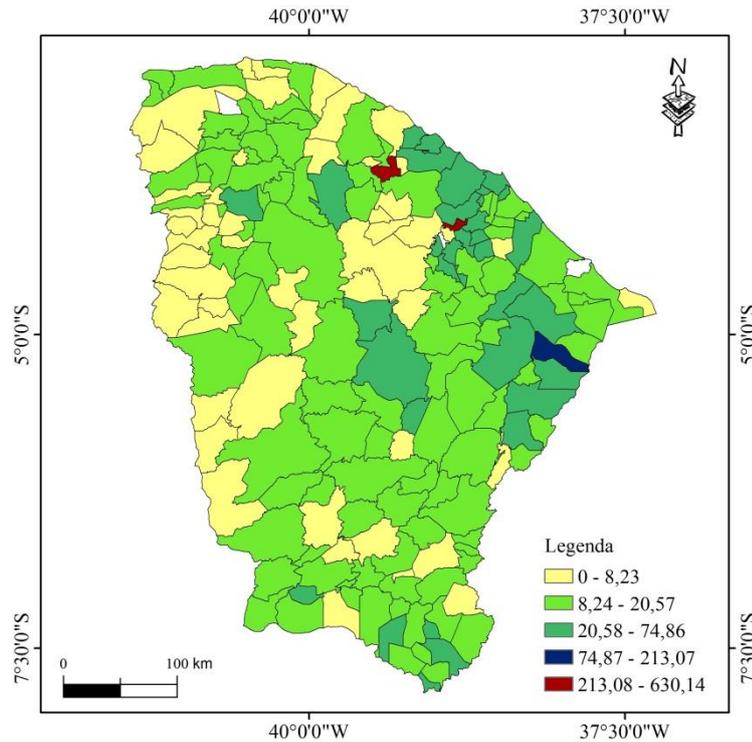
Fonte: Adaptado de dados do IBGE.

Bastante evidenciada nesse quesito, em comparação com outros municípios do estado, a localidade de Palmácia é a com maior produtividade leiteira, e apresenta 149,9 litros de leite por estabelecimento produtor. Na sequência, destacam-se: Umirim (48,06), Limoeiro do Norte (39,98), São Luís do Curu (36,030), Fortaleza (23,89), Milhã (21,85), Iracema (21,51), Morada Nova (19,75), Quixeramobim (19,38) e Jaguaribe (17,16).

Conforme Carvalho Filho (2011), o semiárido concentra as principais bacias leiteiras do Nordeste do Brasil, onde predomina a produção de pequenas explorações de base familiar, revestidas de inquestionável relevância socioeconômica. A produtividade por vaca pode ser um indicativo de desenvolvimento da pecuária leiteira (ABREU *et al.*, 2017).

A fim de identificar o quanto o leite representa na renda dos estabelecimentos agropecuários produtores de leite bovino, a Figura 32 apresenta o valor médio adquirido, em mil reais por unidade agropecuária.

Figura 32 - Valor da venda de leite de vaca cru (Mil Reais) dividido pelo número de estabelecimentos agropecuários que venderam leite de vaca (Unidades).



Fonte: Adaptado de dados do IBGE.

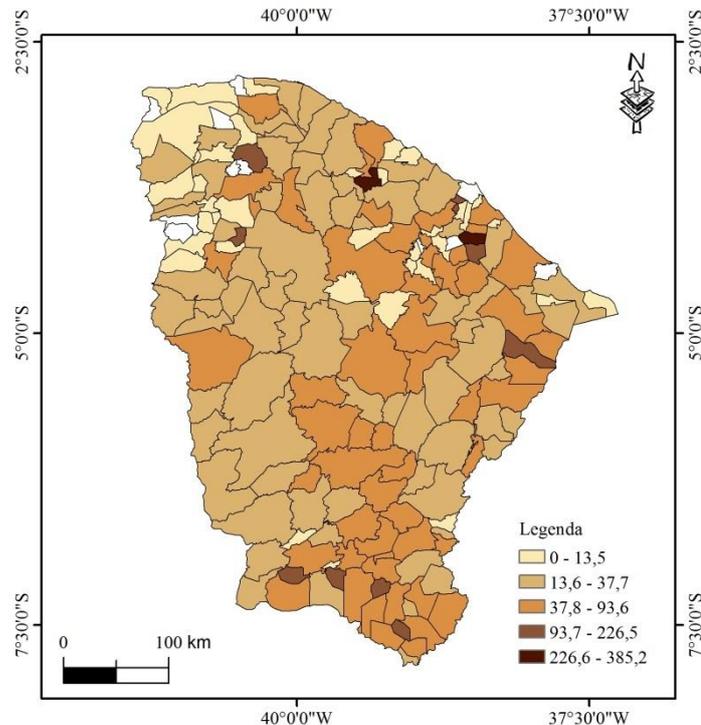
Palmácia e Umirim produziram os maiores valores pela venda do leite, por propriedade, respectivamente, R\$ 630.143,00 e R\$ 215.100,00. Também destacam-se: Limoeiro do Norte (76.231), Fortaleza (57.500), Madalena (43.379), Russas (41.138), Eusébio (38.731) e Mulungu (32.500).

CARVALHO FILHO (2011) defende que:

“Com efeito, nenhuma outra atividade assegura os benefícios aportados pela atividade leiteira em uma pequena propriedade: fluxo de caixa semanal, menores riscos, alta liquidez do capital imobilizado em animais e, frequentemente, a principal forma de capitalização e inserção no mercado para centenas de milhares de produtores familiares sertanejos, para quem poucas opções de reconversão econômica são viáveis, face à inconsistência climática dessa região” (CARVALHO FILHO, 2011, p.107).

Com o propósito de identificar o quanto a produção de carne bovina representa na renda dos estabelecimentos agropecuários produtores que vendem cabeças para o abate, a Figura 33 apresenta o valor médio adquirido com a venda, em mil reais por estabelecimento.

Figura 33 - Valor da venda de cabeças de bovinos para abate nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 cabeças, sobre o número de estabelecimentos nas mesmas condições que venderam bovinos para abate.

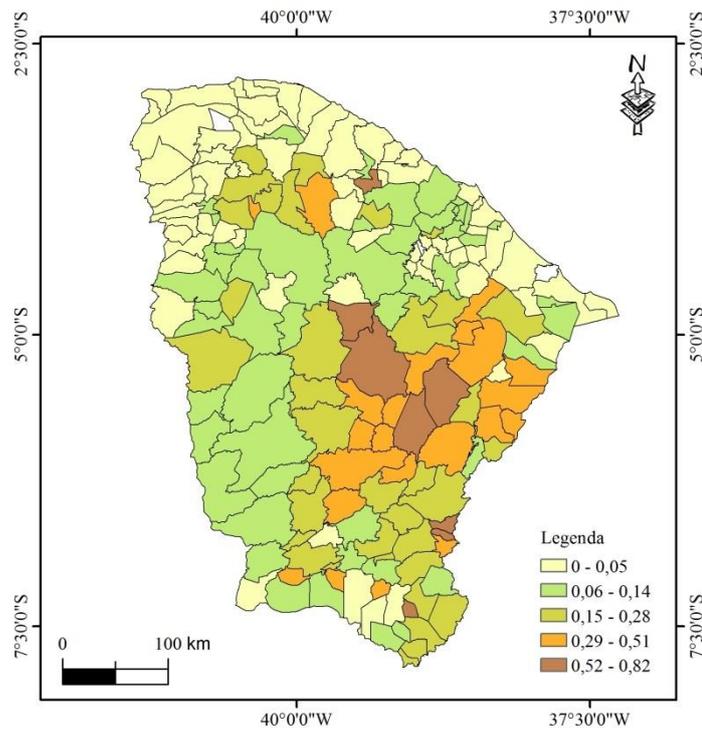


Fonte: Adaptado de dados do IBGE.

Umirim (385,167), Pacajus (228,000), Massapê (182,111), Juazeiro do Norte (155,211), Potengi (147,563), Varjota (131,750), Chorozinho (121,000), Nova Olinda (117,769), Maracanaú (115,667) e Limoeiro do Norte (104,926) foram os municípios que obtiveram maior receita com a venda de bovinos para o abate. Vale ressaltar que os animais vendidos em determinado município podem ter sido produzidos em outros municípios.

Somando-se o valor adquirido com a venda do leite ao valor da venda das cabeças bovinas para o abate e racionando pelo valor adicionado arrecadado no setor agropecuário municipal, podemos ter uma ideia da representatividade da atividade bovina na economia agropecuária de cada município. Na Figura 34, podemos observar em quais municípios a bovinocultura tem maior impacto sobre o PIB agropecuário local.

Figura 34 - Soma do valor da venda de cabeças de bovinos para abate nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 cabeças (Mil Reais) e do valor da venda de leite de vaca cru (Mil Reais) dividido pelo PIB agropecuário municipal.

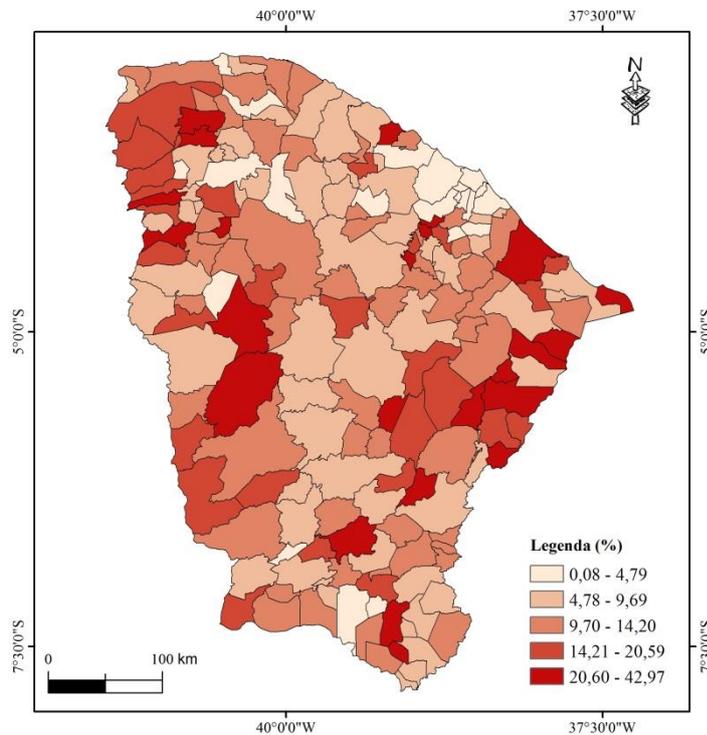


Fonte: Adaptado de dados do IBGE.

Nesse ponto, pode-se observar que Quixeramobim se sobressai às demais localidades no que se refere à participação da bovinocultura no PIB agropecuário municipal, com 82,1%. Juntamente a Umirim (74%), Solonópole (69,7%), Abaiara (69,6%), Baixio (68,3%), Umari (60,5%), Jaguaratama (60,1%).

A importância da atividade agropecuária para a economia local fica mais bem evidenciada quando se compara o PIB agropecuário sobre o PIB total de um município, como pode ser demonstrado na Figura 35.

Figura 35 - Representatividade do PIB agropecuário sobre o PIB total dos municípios (%).



Fonte: Adaptado de dados do IBGE.

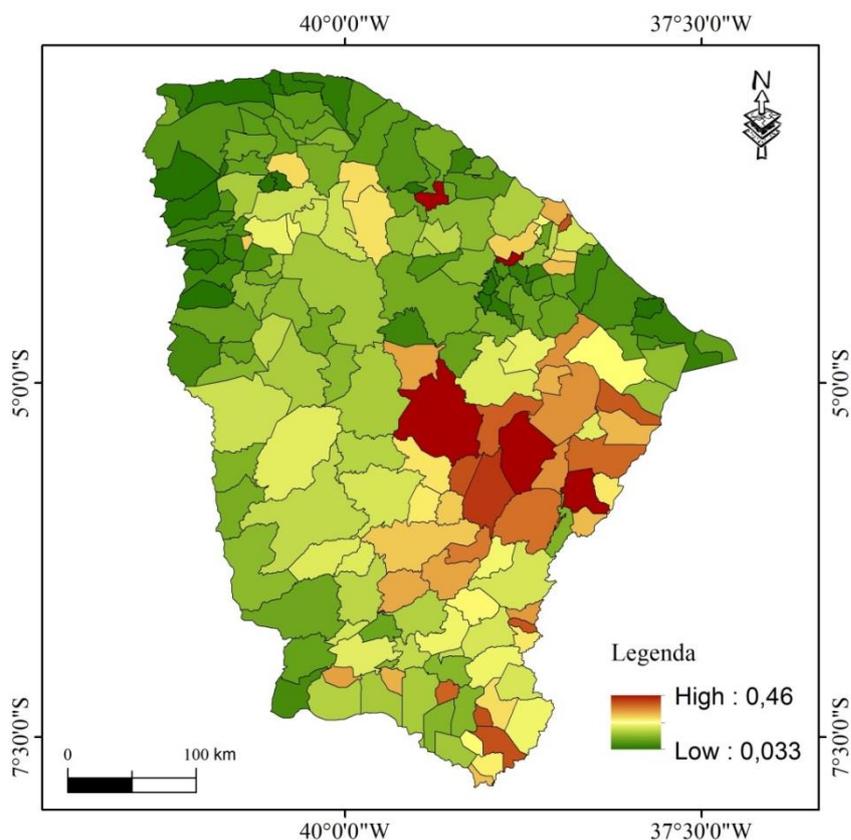
Em São João do Jaguaribe 42,97% de seu PIB tem origem da atividade agropecuária. Outros exemplos de dependência do setor agrário são: Varjota, Pacoti, Quixeré e Missão Velha, com respectivos 36,64%, 36,52%, 33,96% e 32,19%.

Dada as dificuldades da vida no campo, Souza e Barreto (2018) destacam o Programa Bolsa Família (PBF) dentre as iniciativas governamentais como um instrumento bastante relevante, tanto como mitigador para as dificuldades elementares de parte substancial da população, especialmente o acesso à alimentação, como para movimentação de economias municipais, destacando-se a contribuição para fomentar os pequenos negócios existentes nos municípios do Semiárido.

4.3.4 Visão Geral do aspecto econômico

Após as variáveis selecionadas (Tabela 13), reclassificadas em valores de 0 a 1 e submetidas a uma média aritmética simples, podem ser observadas na Figura 36, que neste trabalho será utilizada para expressar a importância econômica que a atividade bovina tem para o estado do Ceará, a nível municipal.

Figura 36 - A importância econômica da bovinocultura nos municípios do estado do Ceará.



Fonte: Autoria própria.

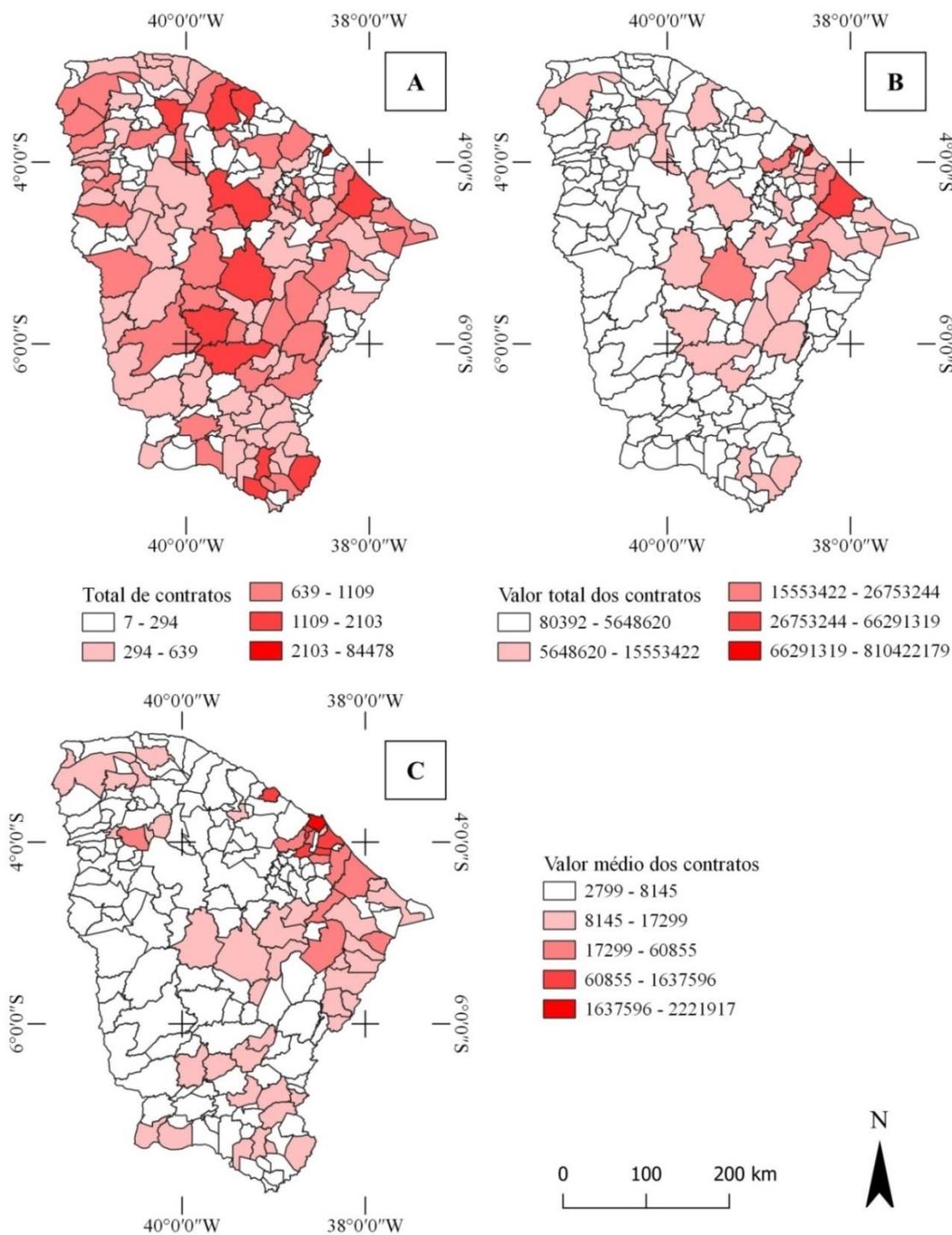
Neste índice, quanto mais próximo de 1, mais importante é a bovinocultura para a localidade. Os municípios representados pela cor vermelho-escuro são aqueles mais economicamente ligados à atividade bovina. Na faixa central do estado do Ceará, destacam-se os municípios de Quixeramobim, Jaguaratama e Iracema, representando, portanto, aqueles em que a produção bovina tem uma participação mais significativa na economia local.

A identidade sertaneja presente na porção semiárida do Nordeste do Brasil é histórica, econômica e culturalmente ligada à atividade pastoril, desde os primórdios de sua colonização até os dias atuais (CARVALHO FILHO, 2011).

4.3.5 Investimentos do PRONAF

A Figura 37 apresenta a distribuição de investimentos do Pronaf no Estado do Ceará.

Figura 37 - Mapeamento do número total de contratos de financiamentos pelo PRONAF (A), valor total dos contratos (B) e a razão entre o valor total de financiamentos pelo número de financiamentos (C).



Fonte: Adaptado do IBGE 2016.

Em estudo realizado por Marioni *et al.* (2016), realizando análise de regressão quantílica para dados em painel do PIB e do Pronaf, identificaram que o Pronaf promoveu um considerável impacto positivo no PIB agropecuário do Brasil. E destacaram a importância da análise regional, pois apesar de o programa ser de caráter nacional, há resultados diferentes entre as regiões.

Conforme o IBGE 2016, apenas 15% dos estabelecimentos agropecuários que obtiveram investimentos financeiros do PRONAF para desenvolver suas atividades, no Ceará foram apenas 12%. Gazolla e Schneider 2013 mostram que desde a criação do PRONAF houve uma expressiva queda na taxa de juros praticada e o aumento no dispêndio de recursos, além das inúmeras mudanças no seu marco legal e, conseqüentemente, no seu funcionamento. Tudo isso contribuiu para o fortalecimento dos agricultores, que tornaram suas propriedades mais diversificadas interna e setorialmente. Contudo, todo esse financiamento não chega facilmente ao agricultor familiar. Nesse sentido, o assistente técnico/extensionista cumpre um importante papel para o programa.

4.3.6 Nível de cobertura de Assistência Técnica Rural – ATER

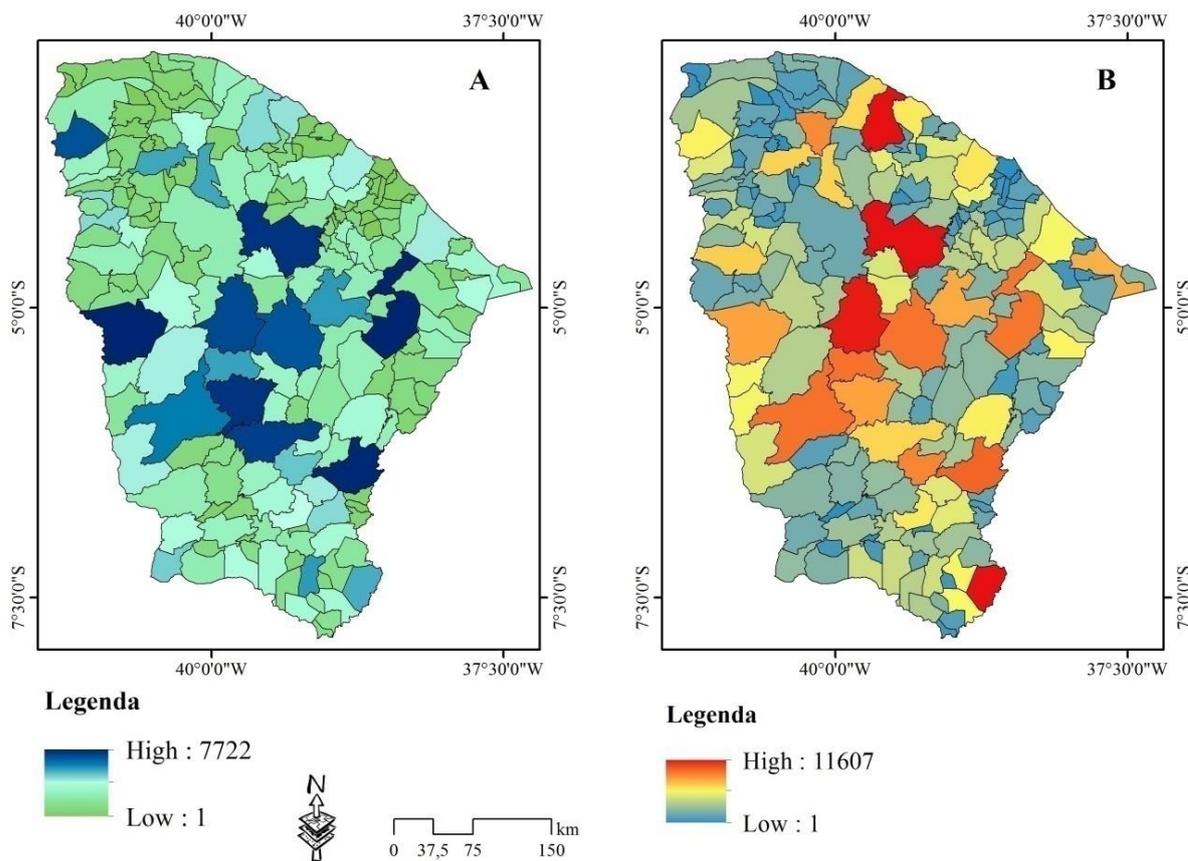
A Ematerce é um dos órgãos responsáveis pela emissão da declaração de aptidão ao Pronaf – DAP. A DAP é o documento que identifica se o agricultor pertence ou não a categoria de agricultor familiar individual ou em associação, cooperativa ou agroindústria.

De acordo com a SEAD, ter a DAP ATIVA é o requisito para que o agricultor familiar acesse as linhas de crédito do Pronaf e outras 15 políticas públicas que incluem direitos e benefícios sociais, além da possibilidade de comercializar seus produtos, tais como: Assistência Técnica e Extensão Rural; Seguro da Agricultura Familiar Seaf; Garantia-Safra; Programa de Garantia de Preços Mínimos PGPM; Programa de Garantia de Preços da Agricultura Familiar PGPAF; Programa de Aquisição de Alimentos PAA; Programa Nacional de Alimentação Escolar PNAE; Programa Nacional de Proteção e Uso do Biodiesel PNPB; Beneficiário Especial da Previdência Social; Aposentadoria Rural Funrural; Auxílio Emergencial Financeiro; Programa Minha Casa Minha Vida Rural; Plano Brasil Sem Miséria – Rota da Inclusão Produtiva Rural e Cotas em Escolas Técnicas Profissionalizantes.

Como podem ser observados na Figura 38, os municípios com maior quantidade de DAPs ativas foram: Morada Nova (7.722), Crateús (5.702), Icó (5.641), Mombaça (5.506),

Canindé (5.479), Acopiara (5.322), Boa Viagem (5.204), Viçosa do Ceará (5.109), Quixeramobim (5.064), Tauá (4.526). Na grande maioria dos municípios, o número de DAPs inativas ultrapassa o número de DAPs ativas.

Figura 38 - Número de DAPs ativas (A) e inativas (B) no Estado do Ceará, por município.



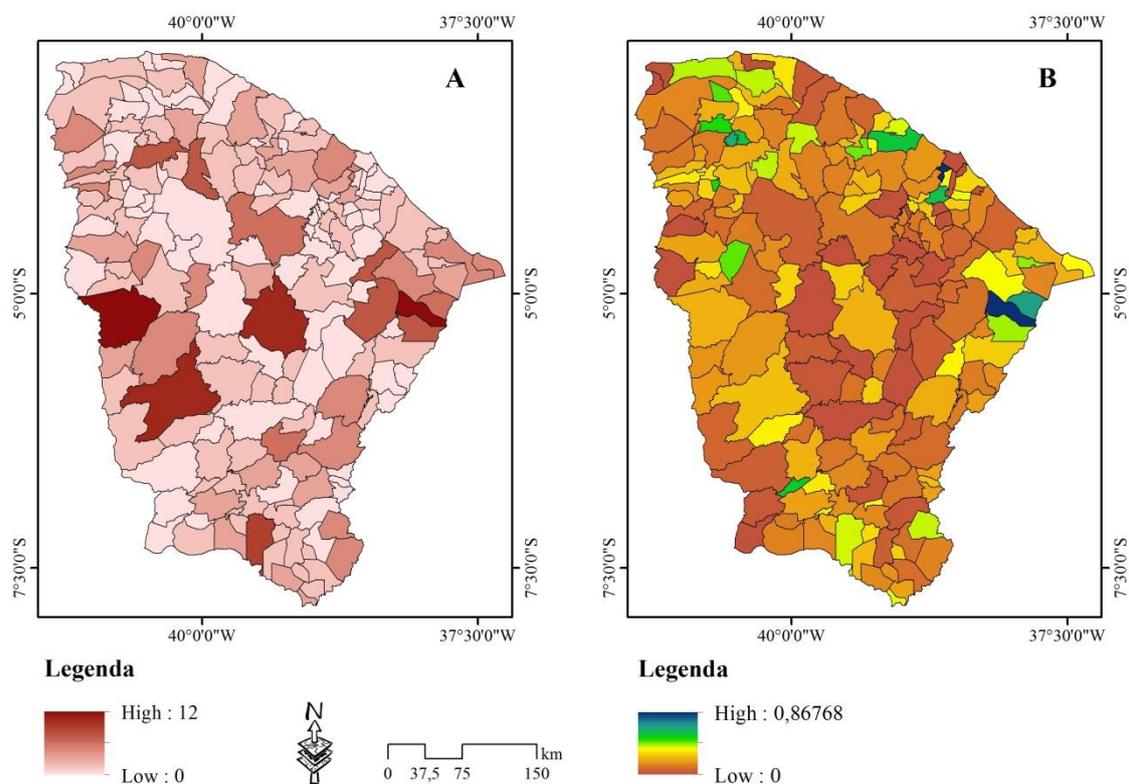
Fonte: Adaptado do IBGE 2016.

Ao longo da sua história, a atuação do serviço de extensão rural esteve contemporânea com as modificações e especializações do crédito rural. É uma das instituições com maior vivência em crédito rural tecnificado. Ademais, programas como PRONAF foram elaborados com base nas reflexões de parte de extensionistas e outros atores.

Os municípios com maior quantidade de técnicos foram: Limoeiro do Norte (12), Crateús (9), Quixeramobim (8), Tauá (8), Crato (7), Sobral (6), Tabuleiro do Norte (6), Morada Nova (6), Canindé (5), Iguatu (5). Conforme Marinho (2015), a análise realizada sobre a distribuição dos extensionistas no território pode subsidiar a orientação da distribuição da força de trabalho da EMATER para reduzir os déficits da oferta de ATER pública estadual.

No geral, o índice apresentado classificou os municípios com baixo enquadramento de profissionais, cujo resultado pode ser atribuído ao baixo número de técnicos extensionistas, frente à enorme quantidade de DAP'S ativas por município, como pode ser observado na Figura 39.

Figura 39 - Mapeamento do número de profissionais de ATER disponibilizados pela Ematerce (A) e o índice de cobertura de assistência técnica, obtido pela proporção entre o número de DAPs ativas e o número de técnicos disponíveis (B).



Fonte: Adaptado do IBGE 2016.

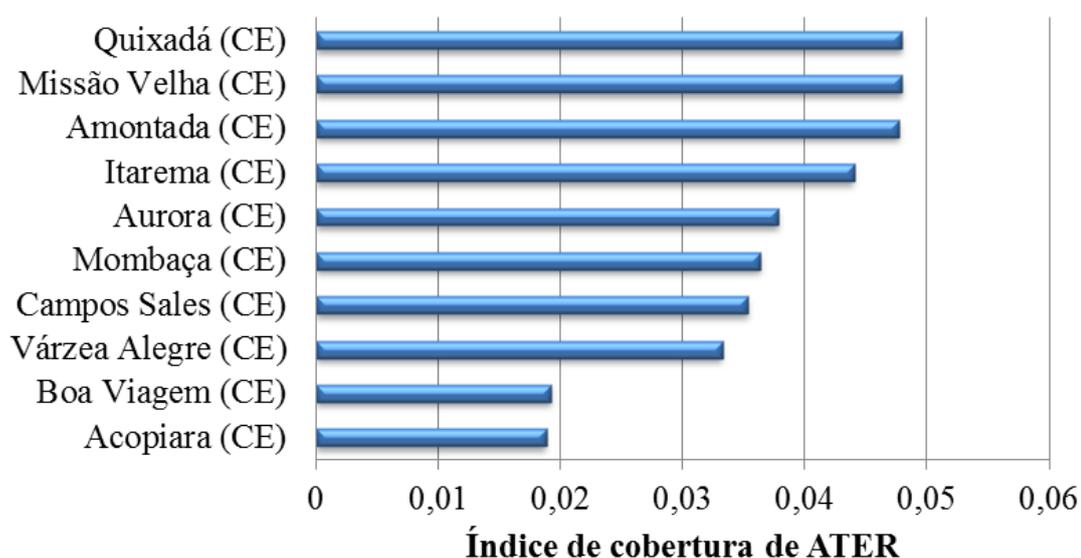
Limoeiro do Norte foi o município com maior número de técnicos e também a que mais contribuiu para o PIB agropecuário do estado. Juntamente a Quixeré, Guaiúba e Alcântaras apresentam um índice de cobertura de assistência técnica rural medianamente alto. O único município que apresenta um alto nível de cobertura é Maracanaú.

De acordo com estudo realizado por Lima *et al.* (2009), analisando o perfil dos produtores rurais do município de Quixeramobim no Estado do Ceará, verificaram que a grande maioria dos produtores apresentavam um perfil típico da agricultura familiar com ênfase na subsistência, pouco avanço tecnológico e pouca especialização. Dessa forma, esses

produtores se caracterizavam como menos competitivos e mais susceptíveis às adversidades, sejam de natureza física, climatológica, gerencial ou mercadológica.

Esse estudo de caso pode representar muitos outros municípios cearenses, que agravam essa problemática devido às questões ambientais e as institucionais por falta de investimentos. Na maior parte do estado, os municípios apresentam baixo suporte de assistência técnica rural (Figura 40).

Figura 40 - Ranking de municípios com as piores coberturas de Assistência Técnica Rural em 2018.



Fonte: Adaptado da Ematerce 2018.

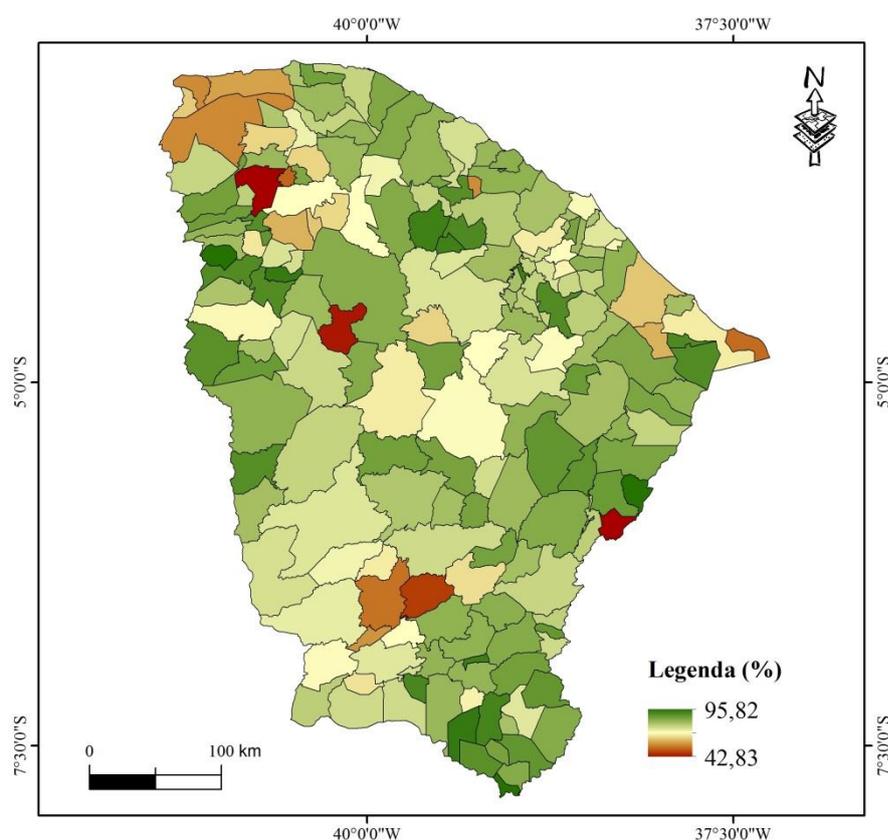
Pode-se observar que Missão Velha consta como o 8º município que mais gera PIB no setor agropecuário cearense e o 5º município mais dependente da agropecuária na sua economia. Entretanto, está entre os 10 municípios que menos recebem assistência técnica rural, sendo um total de 2 profissionais para atender a 4.175 DAPs ativas.

4.3.7 *Nível de Escolaridade dos produtores*

Não desconsiderando os saberes do homem do campo, conforme aponta Abrantes *et al.* (2011), o nível de escolaridade do produtor influencia no seu interesse em buscar novos conhecimentos, bem como, possibilita estabelecer comportamentos mais desejáveis na assimilação e adoção das informações recebidas.

Conforme a Figura 41, os municípios onde mais de 50% dos produtores nunca frequentaram a escola e não possuem nenhum grau de alfabetização são: Ererê (42,83%), Coreaú (43,7%), Catunda (44,6%) e Jucás (47,8%).

Figura 41 - Grau de escolaridade dos produtores.



Fonte: Autoria própria.

Na maioria dos municípios cearenses, mais de 77% dos produtores frequentaram pelo menos a classe de alfabetização. Destacam-se positivamente os municípios: Penaforte (95,8%), Carnaubal (92,9%), Potiretama (92,8%), Barbalha (91%), Pires Ferreira (90,8%), Guaramiranga (90,3%), Granjeiro (90,3%), Tejuçuoca (90%), General Sampaio (89,7%) e Missão Velha (89%).

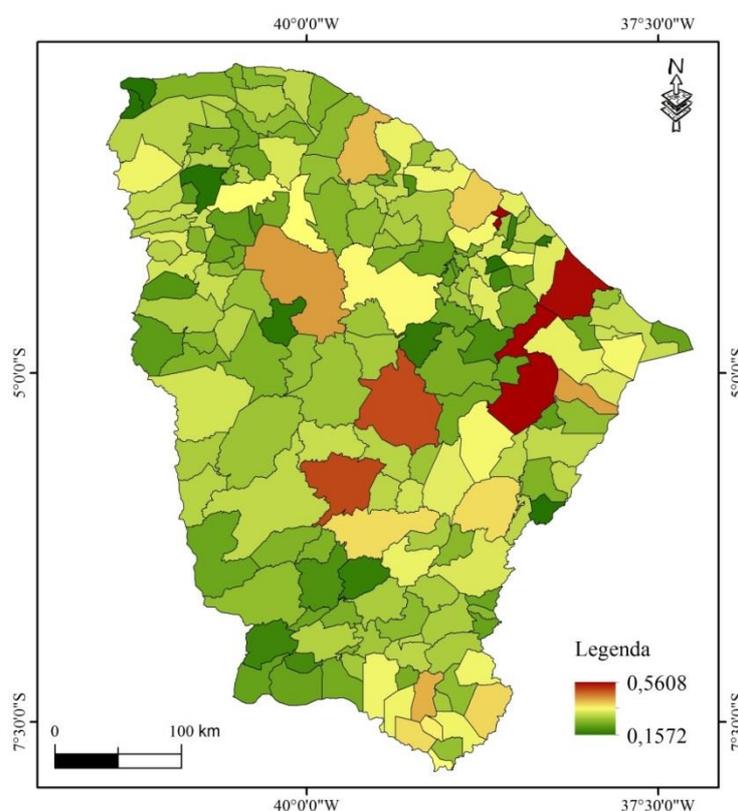
4.3.8 Visão Geral do apoio institucional recebido pela bovinocultura no estado do Ceará.

O Nordeste foi a primeira região do país a ser colonizada e a desenvolver algum tipo de atividade econômica. No entanto, é atualmente uma das regiões brasileiras menos

desenvolvidas. Aliado a outros fatores limitantes, a má articulação das políticas públicas por parte das instituições governamentais pode ser um dos motivos pelos quais a região se encontra nesta situação desfavorável.

A Figura 42 apresenta o nível de apoio institucional recebido pelos diversos municípios do estado, de acordo com as variáveis analisadas neste estudo.

Figura 42 – Visão do apoio institucional à bovinocultura no estado do Ceará.



Fonte: Autoria própria.

Batalha *et al.* (2005) aponta como fatores que atrasam o desenvolvimento rural: a descapitalização dos pequenos agricultores que os distanciam das modernidades e tecnologias; o baixo nível de educação formal dos agricultores familiares; onde a falta de uma cultura não promove um ambiente propício à adoção de novas tecnologias de gestão e a falta de orientação dos técnicos responsáveis pela assistência técnica aos produtores.

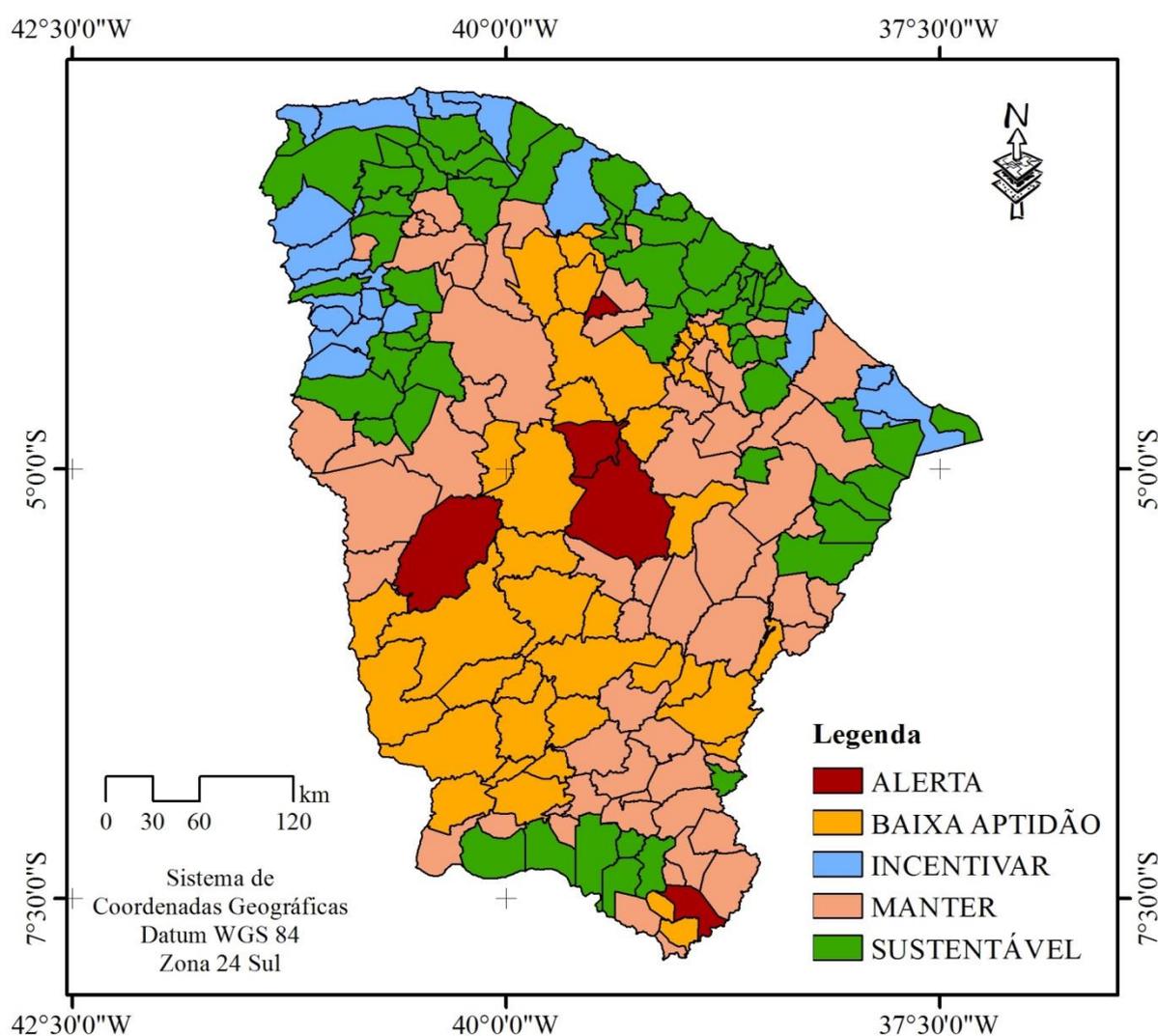
Pereira *et al.* (2018), avaliando os aspectos socioeconômicos da região do Matopiba, identificaram que, geralmente, a situação social da maioria dos municípios do daquela região havia melhorado entre os anos de 2000 e 2010. Segundo os autores, essa

melhoria deve-se a uma série de fatores, como a execução de algumas políticas públicas, principalmente do governo federal, com o intuito de redistribuir renda e promover condições de vida mais dignas para a parcela mais pobre da população brasileira.

CAPÍTULO V – AVALIAÇÃO FINAL DA BOVINOCULTURA NO ESTADO DO CEARÁ

Por fim, todas as etapas anteriores resultaram no mapa apresentado na Figura 43, que representa um diagnóstico da bovinocultura desenvolvida no Estado do Ceará. Conforme a legenda da figura, a situação da atividade bovina em cada município foi classificada como: Alerta, Baixa Aptidão, Incentivar, Manter e Sustentável.

Figura 43 - Resultado Final.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nessa classificação, “Alerta” diz respeito àqueles municípios que possuem baixa capacidade ambiental para a criação bovina, mas que a atividade exerce grande influência econômica e social dentro do município; “Baixa aptidão” inclui os municípios que obtiveram

uma má avaliação em todas as dimensões estudadas, ou seja, no quesito ambiental, socioeconômico e institucional; “Incentivar” sugere uma recomendação àqueles municípios que apresentam boa ou média capacidade ambiental, mas que não são tão evidenciados nas dimensões socioeconômica e/ou institucional; “Manter” é sugerido àqueles municípios que apresentam uma capacidade ambiental mediana e se evidenciam nas dimensões socioeconômica e institucional; Finalmente, “Sustentável” indica aqueles municípios com boa capacidade ambiental, elevada importância socioeconômica e que recebem um melhor apoio das ações governamentais.

Esse resultado foi obtido por meio da calculadora de campo no QGIS 3.6, por meio de regras ditadas em expressões lógicas, que podem ser visualizadas no Anexo 4. Inicialmente, em cada dimensão (ambiental, socioeconômica e institucional), os valores dos índices foram classificados de acordo com o desempenho, como: “bom”, “médio” ou “ruim”. Essas classes foram subdivididas de acordo com o método dos Quartis.

Os desempenhos obtidos para cada município, em cada dimensão, foram relacionados entre si para se alcançar um parecer final acerca da atividade no local. Esse método utilizado para se tomar uma decisão sobre o município baseia-se em um dos princípios da lógica Fuzzy.

O método Fuzzy pode ser utilizado quando se pretende ponderar diversas variáveis de naturezas distintas e chegar a uma conclusão geral sobre determinado estudo, em vez de aplicar uma média ponderada ou aritmética, no caso de índices. A lógica Fuzzy é útil para se chegar a uma conclusão mais próxima da realidade. Assim como o raciocínio humano possui mecanismos para lidar com processos complexos e traduzir informações imprecisas ou aproximadas, a lógica Fuzzy também pode ser utilizada para traduzir termos matemáticos e articular sua estratégia de ação, de acordo com um conjunto de regras da forma “se... então”, a partir de um algoritmo passível de ser implementado em computador (TANSCHKEIT, 2004). Ou seja, a lógica fuzzy permite congrega dados diversos de uma situação e deduzir se a combinação é favorável ou não, a partir de regras pré-estabelecidas.

Conforme Santos 2010, a fuzzificação de dados e a definição de regras fuzzy são processos justificados pelo conhecimento do especialista no fenômeno estudado. Ou seja, é um conhecimento empírico, em que o operador dos dados define suas próprias regras de acordo com a sua experiência no assunto.

CAPÍTULO VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado foi compatível com o esperado na hipótese inicial. O estado do Ceará ainda possui um longo caminho até alcançar destaque no cenário nacional da pecuária. Dessa forma, devido ainda a grande importância econômica e social que possui para a manutenção do homem no campo, deve-se pensar e programar medidas que fomentem essas atividades, estimulando a produção sustentável e desenvolvendo o máximo potencial no estado.

O estudo apresentou uma fração reduzida de áreas com boa aptidão para a pecuária nas regiões das principais bacias leiteiras do estado. Pode-se observar uma grande inconsistência na agropecuária cearense em não reconhecer nas localidades dentro de seu território a real aptidão e capacidade agrária. Em algumas situações, produz-se onde não há uma relação sustentável entre o meio e atividade desenvolvida e ignoram-se regiões com maiores potenciais produtivos.

Em alguns municípios, preponderantemente naqueles com economias mal desenvolvidas, o leite apresenta-se como um importante meio de sustentação para um grande número de famílias que vivem no meio rural. A participação da agropecuária no PIB total dos municípios é maior naqueles com a economia menos desenvolvida. Por exemplo, Fortaleza e outras grandes cidades apresenta valores expressivos, mas que não representam muito de seu PIB total. Enquanto que para economias menores, valores mesmo que baixos, representa muito. Nesses casos são onde se deve ter maior apoio e atenção para que se possa impulsionar o desenvolvimento local.

Pode-se observar a baixa disponibilidade de assistência técnica rural no estado frente ao grande número de DAPs ativas.

A manipulação de dados por Geoprocessamento constitui importante ferramenta de espacialização e análise espacial de dados censitários, o que o mostra como um acessório de grande aplicabilidade para os estudos e para o direcionamento de ações de planejamento e gestão do território.

REFERÊNCIAS

- ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, v. 1, n. 2, p. 50-59, 2008.
- ABRAMOVAY, Ricardo. Desenvolvimento sustentável: qual a estratégia para o Brasil?. *Novos estudos CEBRAP*, n. 87, p. 97-113, 2010.
- ABRANTES, L. A.; ANTONIALI, L. M.; BRITO, M. J.; CECON, P. R.; FARONI, W. Tipificação e caracterização dos produtores rurais através da utilização de informações contábeis. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, v. 10, n. 2, 2011.
- ABREU, ANA; SANTOS, GLAUBER; GUIMARÃES, BRUNO; SILVA, JANIÉLEN; GUIMARÃES, GABRYELLA. Panorama Socioeconômico da Pecuária leiteira no município de Pindaí-BA Semiárido baiano. *Enciclopédia Biosfera*, v. 14, p. 402-417, 2017.
- AGUIAR, M. I. DE; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S. DE; MENDONÇA, E. S.; ARAUJO FILHO, J. A. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral, CE. *Revista Ciência Agronômica*, v.37, n.3, p.270-278, 2006.
- ALENCAR, M. M.; POTT, E. B. Criação de bovinos de corte na Região Sudeste. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Embrapa Pecuária Sudeste*, 2003.
- ALLEN, R. G., M TASUMI, AND R. TREZZA. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Model. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.133, n. 4: 380-394, 2007.
- ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; KJAERGAARD, J. METRICTM–Mapping Evapotranspiration at high resolution–Applications Manual for Landsat Satellite Imagery (Version 2.0. 4). University of Idaho, 2008.
- ALMEIDA NETO, L. A.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L.; GUISELINI, C. Climatização na pré-ordenha de vacas girolando no inverno do semiárido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 10, p. 1072-1078, 2014.
- ALVES, Luciana Medeiros. Sistemas Agroflorestais (SAF's) na restauração de ambientes degradados. Programa de Pós-graduação em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais, UFJF, Juiz de Fora, 2009.
- AMORIM, R. S.; SILVA, D. D. D.; PRUSKI, F. F.; MATOS, A. T. D. Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 5, n. 1, p. 124-130, 2001.
- ANTONINI, J. D. A.; SILVA, E. D.; OLIVEIRA, L. F. C.; SANO, E. E. Modelo matemático para estimativa da temperatura média diária do ar no Estado de Goiás. Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2009.
- ARAUJO FILHO, J.A.; BARBOSA, T.M.L. Sistemas agrícolas sustentáveis para a região do semiárido. Sobral: Embrapa Caprinos, 1999. 18p (Circular técnica, 20). Disponível em:

<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/36464/1/CT-20.pdf>> Acesso em: 20 de Janeiro de 2020.

ARAÚJO, S.M.S. de. A Região Semiárida do Nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. *Revista Científica da FASETE*, v. 5, 2011.

BACEN - Banco Central. Quantidade e Valor dos Contratos por Município. Período: Janeiro/2018 - Dezembro/2018. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/micrrural>. Acesso em: 08/2019.

BARBOSA, Y. B.; LORANDI, R. Geoprocessamento aplicado ao estudo da vulnerabilidade à erosão na bacia hidrográfica do Ribeirão do Pântano nos municípios de São Carlos, Analândia e Descalvado (SP). *GEOGRAFIA (Londrina)*, v. 21, n. 1, p. 103-123, 2012.

BATALHA, M. O.; BUAINAIN, A. M.; SOUZA FILHO, H. M. Tecnologia de gestão e agricultura familiar. *Gestão Integrada da Agricultura Familiar. São Carlos (Brasil): EDUFSCAR*, p. 43-66, 2005.

BENETTI, Luciana Borba. Avaliação do índice de desenvolvimento sustentável (IDS) do município de Lages/SC através do método do painel de sustentabilidade. 2006. 203 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

BERTOLINI, W. Z.; VALADÃO, R. C. A abordagem do relevo pela geografia: uma análise a partir dos livros didáticos. *Terra e Didática*, v. 5, n. 1, p. 27-41, 2009.

BOFF, Leonardo. *Sustentabilidade: O que é - o que não é*. 3. Ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

BOND, G. B.; ALMEIDA, R. de; OSTRENSKY, A.; MOLENTO, C. F. M. Métodos de diagnóstico e pontos críticos de bem-estar de bovinos leiteiros. *Ciência Rural*, Santa Maria, 2012.

BORATTO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu – PR, 2013.

BRAND, F. Critical natural capital revisited: ecological resilience and sustainable development. *Ecological Economics*, [S. l.]: Elsevier, v. 68, 2009.

BRÁZ, S.P. **Distribuição de fezes de bovinos e a reciclagem de nutrientes em pastagens de *Brachiaria decumbens***, 2001, 77f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

BRETTAS, P.K.M.; NASCIMENTO, M.R.B.M.; GUIMARÃES, E.C.; SOUZA, G.P. Melhor índice de estresse térmico para novilhas leiteiras mestiças. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 45, p. 1-8, 2017.

BRUGNARO, Ricardo; BACHA, Carlos José Caetano. Análise da participação da agropecuária no PIB do Brasil de 1986 a 2004. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, v. 39, n. 1, p. 127-159, 2009.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITY, D.; TAHTCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black globe-humidity index (ITGU) as confort equation for dairy cows. Transactions of ASAE, v.24, n.3, p.711-714, 1981.

BURSZTYN, Marcel (Org); PROCÓPIO FILHO, A.; CAMPOS, A. E. M.; VIOTTI, E. B.; NASCIMENTO, E. P.; BASTOS FILHO, J. B.; BARTHOLO JR, R. D. S. **Ciência, ética e sustentabilidade**. São Paulo: Cortes, p. 159-188, 2001.

CAITANO, R. F.; LOPES, F. B.; TEIXEIRA, A. S. Estimativa da aridez no Estado do Ceará usando Sistemas de Informação Geográfica. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, Curitiba-PR, 2011.

CAMELO, H. D. N., LUCIO, P. S., LEAL JUNIOR, J. B. V., & DE CARVALHO, P. C. M. Time Series Forecasting Methods and Hybrid Modeling both Applied on Monthly Average Wind Speed for Regions of Northeastern Brazil. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 32, n. 4, p. 565-574, 2017.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; STOLZ, Á. P. Altitude e coordenadas geográficas na estimativa da temperatura mínima média decendial do ar no Estado do Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, n. 6, p. 893-901, 2006.

CARVALHO FILHO, O. M. Sistema de produção agroecológica de leite no semiárido. Pesquisa, desenvolvimento e inovação para sustentabilidade da bovinocultura leiteira, p. 107, 2011.

CARVALHO, P. G. M. de; BARCELLOS, F. C. Construindo indicadores de sustentabilidade. Indicadores Econômicos FEE, v. 37, n. 1, 2009.

CATTELAM, J.; VALE, M. M. Estresse térmico em bovinos. Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias, v.108, p.96-102, 2013.

CERUTTI, W. G.; BERMUDEZ, R. F.; VIÉGAS, J.; MARTINS, C. M. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas ou não a sombreamento e aspersão na pré-ordenha. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v. 14, n. 3, 2013.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. Remote sensing of environment, v. 113, n. 5, p. 893-903, 2009.

CHAVES, Luciane Azevedo. História do Estado do Ceará. Sobral: INTA, 2016.
CLAUDINO-SALES, V.; LIRA, M. V. MEGAGEOMORFOLOGIA DO NOROESTE DO ESTADO DO CEARÁ. Caminhos de Geografia, v. 12, n. 38, 2011.

CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Exportações do Agro em 2017. Disponível em:< <http://www.cnabrazil.org.br/estudos/exportacoes-do-agro-em-2017>> Acesso em: julho de 2017.

COELHO, V. H.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. D. N.; LIMA, E. D.; RIBEIRO NETO, A.; MOURA, G. D. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n. 1, p. 64-72, 2014.

COLLIER, R. J.; DAHL, G. E.; VANBAALE, M. J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J. Dairy Sci.* v.89, p.1244-1253, 2006.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Leite e derivados. Conjuntura mensal especial. Brasília-DF, Abril, 2017.

COSTA, A.N.L. Estresse térmico em fêmeas bovinas Girolando: $\frac{3}{4}$ Holandês $\frac{1}{4}$ Gir vs $\frac{1}{2}$ Holandês $\frac{1}{2}$ Gir, criadas em clima semiárido no estado do Ceará. Tese de doutorado. UFC: Fortaleza, 2014.

COSTA, Leopoldo. História da criação de gado no Ceará. Abril, 2011. Disponível em: <https://stravaganzastravaganza.blogspot.com/2011/04/historia-da-criacao-de-gado-no-ceara.html>. Acesso em: setembro de 2019.

COSTA, M. J. R. P.. Comportamento e bem-estar de bovinos e suas relações com a produção de qualidade. Anais dos Simpósios da 41ª Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Campo Grande, p. 260-268, 2004.

COSTABEBER, J. A.; CAPORAL, F. R. Possibilidades e alternativas do desenvolvimento rural sustentável. Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável no Mercosul. Santa Maria: Editora da UFSM/Pallotti, p. 157-194, 2003.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Ministério de Minas e Energia Secretaria de Minas e Metalurgia. Diagnóstico do Município de Quixeramobim. Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará. Fortaleza, 1998.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: INPE, 124 p., 2001.

DIAS-FILHO, M.B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, p. 243-252, 2011.

DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. Degradação de pastagens : o que é e como evitar. Brasília, DF : Embrapa, 2017. PDF (19 p.) : il. color. <http://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes> ISBN 978-85-7035-688-8

DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. Degradação de pastagens. Processos, causas e estratégias de recuperação. Belém. EMBRAPA Amazônia oriental, 2003.

DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Belém – PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p. : il.

DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas. Belém: PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 34p.

DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A. Solar Engineering of Thermal Processes. John Wiley and Sons, New York, p 1-109, 1980.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Súmula da X Reunião Técnica de Levantamentos de Solo (SNLCS, série Miscelânea) RJ. 1979.

Embrapa Gado de Leite. Anuário Leite 2018: Indicadores, tendências e oportunidades para quem vive no setor leiteiro. (INFOTECA-E). São Paulo, 2018.

FABER, M. A importância dos rios para as primeiras civilizações. [s.l.: s.n.]. História ilustrada, ed. 1, v. 2, 2011.

FACÓ, O.; LÔBO, R. N. B.; MARTINS FILHO, R.; LIMA, F. Idade ao primeiro parto e intervalo de partos de cinco grupos genéticos Holandês x Gir no Brasil. Embrapa Caprinos e Ovinos-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2005.

FANTINEL, R. A.; BENEDETTI, A. C. P. Avaliação dos fatores influentes na vulnerabilidade à erosão do solo por meio de decisão multicritério e de técnicas de geoprocessamento no município de Piratini-RS. Ciência e Natura, v. 38, n. 1, p. 156-163, 2016.

FARIA, A.L.L.; SILVA, J. X.; GOES, MH de B. Análise ambiental por geoprocessamento em áreas com susceptibilidade à erosão do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, Juiz de Fora (MG). Caminhos de Geografia, v. 4, n. 9, p. 50-65, 2003.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. Cadernos Ebape. BR, v. 15, n. 3, p. 667-681, 2017.

FERREIRA, Camila Cossetin. Relações entre a temperatura mínima do ar e da relva e a temperatura da superfície terrestre, obtida a partir de imagens NOAA, no Rio Grande do Sul. 2005. 110 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

FERREIRA, J. M. L.; VIANA, J. H. M.; COSTA, A. D.; SOUSA, D. D.; FONTES, A. A. Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 33, n. 271, p. 12-25, 2012.

FILGUEIRAS, R.; NICOLETE, D. A. P.; CARVALHO, T. M.; CUNHA, A. R.; ZIMBACK, C. R. L. Predição da temperatura do ar por meio de sensoriamento remoto orbital. Revista Brasileira de Cartografia, v. 68, n. 8, 2016.

FRASER, A. F.; BROOM, D. M. Farm animal behaviour and welfare. 3. ed. Ballière Tindall, London, p. 437, 1990.

FURTADO, D. A.; PEIXOTO, A. P.; REGIS, J. E. F.; NASCIMENTO, J. W. B.; ARAUJO, T. G. P.; LISBOA, A. C. C. Termorregulação e desempenho de tourinhos Sindi e Guzerá, no agreste paraibano. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 1022-1028, 2012.

GALVÃO JÚNIOR, J. G. B.; RANGEL, A. H.N.; GUILHERMINO, M. M.; NOVAES, L. P.; MEDEIROS, H. R. Perfil dos sistemas de produção de leite bovino no Seridó Potiguar. Holos, v. 2, p. 130-141, 2015.

GAVIOLI, F. R.; COSTA, M. B. B. As Múltiplas Funções da Agricultura Familiar: um estudo no assentamento Monte Alegre, região de Araraquara (SP). *Revista de Economia e Sociologia Rural (RESR)*, Piracicaba - SP, v. 49, n. 02, p. 449-472, 2011.

GAZOLLA, M.; SCHNEIDER, S. Qual “Fortalecimento” da Agricultura Familiar? Uma análise do PRONAF crédito de custeio e investimento no Rio Grande do Sul. *Revista de Economia e Sociologia Rural (RESR)*, Piracicaba, v. 51, n. 1, p. 45- 68, jan./mar. 2013.

GOMES, Sebastião Teixeira. *Produção de leite no Brasil*. v. 15, 2016.

GOMIDE, Fernando Antônio Campos; GUDWIN, Ricardo Ribeiro. Modelagem, controle, sistemas e lógica fuzzy. *SBA controle & Automação*, v. 4, n. 3, p. 97-115, 1994.

GRASSMANN, C.; EISING, R.; NEVES, L. O., ELI, K.; JUFFO, E. E. L. Avaliação do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras da raça holandesa em Rio do Sul-SC, 2017.

GRIMM, Alice Marlene. *Meteorologia básica*. Apostila de curso. Universidade Federal do, 1999.

HALLAK, R.; PEREIRA FILHO, A. J. Methodology for performance analysis of simulations of convective systems in the metropolitan area of São Paulo with the ARPS model: sensitivity to variations with the advection and the data assimilation schemes. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 26, n. 4, p. 591-608, 2011.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/resultados-censo-agro-2017.html>. Acesso em: setembro de 2017.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: IBGE, 2 ed., 2004. 344p.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas do Brasil 1990-2010. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em junho de 2019.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de Geração de imagens. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php> acesso em: abril. 2019.

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. *Perfil básico municipal*, 2010.

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia. *PIB dos Municípios Cearenses – 2016*. Informe no. 142. Fortaleza – Ceará: Ipece, 2018.

IPECE. Ceará em Mapas: Caracterização territorial. Disponível em: <<http://www2.ipece.ce.gov.br>>. Acesso em: Fevereiro de 2020.

JACOBI, Pedro. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. *Cafajeste. Pesqui.* São Paulo, n. 118, p. 189-206, março de 2003.

JUCA NETO, Clovis Ramiro. Os primórdios da organização do espaço territorial e da vila cearense: algumas notas. *An. mus. paul.*, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 133-163, 2012 .

KAO, L. J., CHIU, C. C., LU, C. J., & YANG, J. L. Integration of nonlinear independent component analysis and support vector regression for stock price forecasting. *Neurocomputing*, v. 99, p. 534-542, 2013.

LIMA, A. A. C.; OLIVEIRA, F. N. S.; AQUINO, A. R. L. Limitações do uso dos solos do Estado do Ceará por suscetibilidade à erosão. *Embrapa Agroindústria Tropical-Documentos (INFOTECA-E)*, 2002.

LIMA, A.P.A.; DOS SANTOS, H. S. B.; SANTOS, R.L. A Influência do Relevo no Uso e Ocupação do Solo: Uma Breve Análise das Regiões de Itaberaba e Lençóis–Ba. In.: *Anais do VII SINAGEO*. Belo Horizonte, 2008.

LIMA, M. T. V., RODRIGUES, W. À. D., OLIVEIRA, C. W. . COSTA, A. N. L.; FEITOSA, J. V. Distribuição espacial das principais produções pecuárias do estado do Ceará. In.: *CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA*, Palmas - TO, 2019.

LIMA, M. T. V.; FEITOSA, J. V.; OLIVEIRA, C. W.; CARDOSO, J. L. N.; COSTA, M. N. F.. Distribuição da matriz de frango no Estado do Ceará. In.: *CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA*, Maceió - AL, 2018.

LIMA, P. D. O.; DUARTE, L. S.; DE SOUZA, A. Z. B.; AQUINO, T. M. F.; OLIVEIRA, C. S. Perfil dos produtores rurais do município de Quixeramobim no Estado do Ceará. *Revista Caatinga*, v. 22, n. 4, p. 255-259, 2009.

LIRA, M. A.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M.A.; FARIAS, I.; SANTOS, D. C. Considerações sobre a produção leiteira no Semi-árido Pernambucano. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica*, v. 1, p. 112-123, 2013.

LOPES, SRM; BRIENZA JUNIOR, S. A regularização ambiental e o agricultor familiar na Amazônia Legal a partir da Lei nº 12.651 de 2012. *Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)*, 2017.

MABESSONE, J. M. Panorama geomorfológico do Nordeste brasileiro. *Geomorfologia*, n.56, 1978. p.1-16.

MACHADO, G. R.; DE SOUZA, E. M. S.; VALVERDE, M. C. S. A análise PEST aplicada à prospecção de cenários para o sistema agroindustrial do leite brasileiro. *Revista de Administração e Negócios da Amazônia*, v. 2, n. 2, p. 20-40, 2010.

MACIEL, S.A; BARCELOS, B. F; OLIVEIRA, L. A. Análise da influência da altitude na temperatura e na precipitação da mesorregião norte de Minas – Minas Gerais. *Revista Geonorte, Edição Especial 2*, v.1, n.5, p.250 - 261, 2012.

MAIA, G. B. D. S.; PINTO, A. D. R.; MARQUES, C. Y. T.; ROITMAN, F. B.; LYRA, D. D. Produção leiteira no Brasil. *BNDES Setorial*, n. 37, mar. 2013, p. 371-398.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; CHOU, S. C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES, L. M.; OBREGÓN, G. O.; SOARES, W. R. Riscos das mudanças climáticas no

Brasil. Análise Conjunta Brasil-Reino Unido Sobre os Impactos das Mudanças Climáticas e do Desmatamento na Amazônia, p. 2-56, 2011.

MARIONI, L. S.; VALE, V. A.; PEROBELLI, F. S.; FREGUGLIA, R. S. Uma Aplicação de Regressão Quantílica para Dados em Painel do PIB e do Pronaf. *Rev. Econ. Sociol. Rural*, Brasília, v. 54, n. 2, p. 221-242, 2016.

MARTINS, Guilherme Saraiva. Entre o forte e a aldeia: estratégias de contato, negociação e conflito entre europeus e indígenas no Ceará Holandês (1630–1654). (Tese de Mestrado). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza: 2010. 180 f.

MCDOWELL, R. E. Bases biológicas de la producción animal em zonas tropicales. 1 ed. Zaragoza: Acribia, 1974.

MEDEIROS, S.S.; CECÍLIO, R.A.; MELO JÚNIOR, J. C. F. DE; SILVA JUNIOR, J. L.C. Estimativa e das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na região nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.2, p.247-255, 2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Superavit de US\$ 81,86 bilhões do agronegócio foi o segundo maior da história, 2018 [Internet]. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/noticias/superavit-de-us-81-86-bilhoes-do-agronegocio-foi-o-segundo-maior-da-historia>>. Acesso em: Janeiro de 2018.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – MEC. Agropecuária do Estado do Ceará. SEADE. [199?] Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/agropec_ce.pdf>. Acesso em 05/06/2019.

MOREIRA, J. N.; LIRA, M.A.; SANTOS, M. V. F.; ARAÚJO, G. G. L.; DA SILVA, G. C. Potencial de produção de capim Buffel na época seca no semi-árido Pernambucano. *Revista Caatinga*, v. 20, n. 3, p. 20-27, 2007.

NAIR, P. K. R. An introduction to agroforestry. Dordrecht: Kluwer, 1993. 499p. NÓBREGA, G. H. Da; SILVA, E. M. N. Da; SOUZA, B. B. De; MANGUEIRA, J. M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, v. 6, n. 1, p. 67-73, 2011.

NÓBREGA, G. H. da; SILVA, E. M. N. da; SOUZA, B. B. de; MANGUEIRA, J. M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v.6, n.1, p.67-73, 2011.

OLIVEIRA, M. R. Perfil Geológico-Geomorfológico e de Montes Claros e susceptibilidades à erosão. In: V CONGRESSO EM DESENVOLVIMENTO SOCIAL, jun./jul., 2016.

PEREIRA, J. C. C. Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195 p.

PORTO, Gustavo. Norte e Nordeste, uma realidade. **Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA)**, 2018. Disponível em: < <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/norte-e-nordeste-uma-realidade>>. Acesso em: Março de 2018.

RÉGIS FILHO, D. Mapas temáticos interativos da bacia hidrográfica do rio Itacorubi Florianópolis - SC. 110 f. Monografia (Graduação em Geografia), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Florianópolis, 2008.

RIBEIRO, Simone Cardoso. Geomorfologia de áreas semiáridas: uma contribuição ao estudo dos sertões nordestinos. *Revista de Geografia (Recife)*, v. 27, n. 1, p. 120-137, 2010.

ROCHA, D. R. da; ARAÚJO, A. A. de; MOURA, A. A. A. N.; SALES, M. G. F. Avaliação de estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*) durante os períodos chuvoso e seco no Estado do Ceará. In: 45 REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Lavras - MG, 2008.

ROCHA, E. F. N. R. Detecção e caracterização de perturbações de preços de mercado com base em sistemas imunológicos artificiais. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto, 2017.

ROVER, O. J.; DE GENNARO, B. C.; ROSELLI, L. Social innovation and sustainable rural development: The case of a Brazilian agroecology network. *Sustainability*, v.9, n.1, p.3, 2016.

SAATY, T.L. Método de análise hierárquica. São Paulo: Makron Books, 1991, 367p.

SACHS, I. Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável. 3ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Garamond, 2008.

SALAZAR, L. A. L.; QUINTERO, A. F. C. Erosividad de la lluvia en la región cafetera de Quindío, Colombia. *Revista Cenicafé*, v. 66, n.1, p.25-31, 2015.

SAMPAIO, M. S.; ALVES, M. C.; CARVALHO, L. G.; SANCHES, L. Uso de Sistema de Informação Geográfica para comparar a classificação climática de Koppen-Geiger e de Thornthwaite. In: **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba - PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE, p.8857- 8864, 2011.

SANTOS, Francisco Carlos Barbosa dos. **Desenvolvimento e análise de um índice de sustentabilidade energética utilizando lógica fuzzy**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SANTOS, P. L. S.; AZEVEDO, E. O. Perfil sócio-econômico de produtores de leite do estado da Paraíba, Brasil. *Revista Caatinga*, v. 22, n. 4, p. 260-267, 2009.

SCHLESINGER, S. O gado bovino no Brasil. Rio de Janeiro: FASE, 2010. Disponível em: <http://br.boell.org/sites/default/files/downloads/Texto_Gado_Boll_2009-4.pdf> . Acesso em: 16 de maio 2017.

SESI - SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA. Construção e Análise de Indicadores. Serviço Social da Indústria. Departamento Regional do Estado do Paraná. Observatório Regional Base de Indicadores de Sustentabilidade. Curitiba:[sn], 2010.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. *Ambiente & sociedade*, 2007.

SILVA, A.M.; SILVA, J.C.S.; SILVA, L.K.M.; OLIVEIRA, A.R.N.; MOURA, D.M.F. Conjuntura da pecuária leiteira no Brasil. *Revista Nutritime*, vol. 14, n.1, 2017. ISSN: 1983-9006.

SILVA, M. C.; BOAVENTURA, V. M.; FIORAVANTI, M. C. S. História do povoamento bovino no Brasil Central. *Revista UFG*, v. 13, n. 13, 2012.

SILVA, M. G.; CÂNDIDO, G. A.; MARTINS, M. F. Método de construção do índice de desenvolvimento local sustentável: uma proposta metodológica e aplicada. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 55-72, 2009.

SILVA, V. C.; MACHADO, P. de S. SIG na análise ambiental: suscetibilidade erosiva da bacia hidrográfica do Córrego Mutuca, Nova Lima-Minas Gerais. *Revista de Geografia*, v. 31, n. 2, 2014.

SIMÕES, A. R. P.; SILVA, R. M.; OLIVEIRA, M. V. M.; CRISTALDO, R. O.; BRITO, M. B. Avaliação econômica de três diferentes sistemas de produção de leite na região do Alto Pantanal Sul-mato-grossense. *Agrarian*, v. 2, n. 5, p. 153-167, 2009.

SOUSA JÚNIOR, S. C.; MORAIS, D. A. E. F.; VASCONCELOS, M.; NERY, K. M.; MORAIS, J. H. G.; GUILHERMINO, M. M. Características termorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos em diferentes épocas do ano em região semiárida. *Revista Científica de Produção Animal*, v.10, n.2, 2008.

SOUSA RIGNEL, D. G.; CHENCI, G. P.; LUCAS, C. A. Uma introdução a lógica fuzzy. *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e Gestão Tecnológica*, v.1, n.1, 2011.

SOUZA, B. I.; SOUZA, R. S. Processo de ocupação dos Cariris Velhos – PB e efeitos na cobertura vegetal: contribuição à Biogeografia Cultural do semiárido. *Caderno de Geografia*, 2016.

SOUZA, L. F.; BARRETO FILHO, B. F. O programa bolsa família no contexto de uma cidade pequena do semiárido: o caso de Coronel João Pessoa – RN. *Revista Geotemas*, v. 8, n. 2, p. 132-157, 2018.

STUDART FILHO, C. O. Ceará sob o regime das capitanias hereditárias. *Revista do Instituto do Ceará*, v. 52, p. 42-56, 1938.

TANSCHKEIT, Ricardo. Sistemas fuzzy. Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. 35 p.

TASUMI, M.; ALLEN, R. G.; TREZZA, R. Refletância na superfície e albedo do satélite para cálculo operacional do balanço energético da superfície terrestre. *Jornal de engenharia hidrológica*, v. 13, n. 2, p. 51-63, 2008.

THOM, E. C. The discomfort index. *Weatherwise*, v.12, n.1, p.57-70, 1959.

USDA, United States Department of Agriculture. Dairy market statistics: 2017 Annual Summary. Washington: USDA, 2018. 72 p.

USDA, United States Department of Agriculture. Dairy world markets and trade. Washington: USDA, 2017. 23 p.

VALLADARES, G. S.; MARIN, F. R.; OSHIRO, O. T.; GOUVÊA, J. R. F. Uso de imagens de radar na estimativa da temperatura do ar. Embrapa Territorial-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. Anais eletrônicos... São José dos Campos: INPE, 2005.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Corrégo Três Barras, Marinópolis. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.55-64, 2010.

VIANA, G.; FERRAS, R. P. R. A cadeia produtiva do leite: um estudo sobre a organização da cadeia e sua importância para o desenvolvimento regional. Revista Capital Científico-Eletrônica (RCCe), v. 5, n. 1, p. 23-40, 2007.

VILELA, D.; DE RESENDE, J. C. Cenário para a produção de leite no Brasil na próxima década. In: Embrapa Gado de Leite-Artigo em anais de congresso (ALICE), 2016.

VILLELA, Pollyana de Macêdo. Impactos ambientais da modernização agropecuária em Goiás. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade Federal de Goiás, 2016.

VINHAL, I.C.; COURA, M. L.; SILVA JÚNIOR R. S.; RIBEIRO, T. L. M.; COSTA, A. R.; NOGUEIRA, F. A. S. Influência da temperatura e umidade ambiente no índice de conforto de animais da raça girolando e holandesa mantidos em galpão de compost barn. Sinapse Múltipla, v.6, n.2, p. 190-194, dez., 2017.

WAQUIL, P.; SCHNEIDER, S.; FILIPPI, E.; RÜCKERT, A.; RAMBO, A.; RADOMSKY, G.; CONTERATO, M.; SPECHT, S. Avaliação de desenvolvimento territorial em quatro territórios rurais no Brasil. Redes. Revista do Desenvolvimento Regional, v. 15, n. 1, p. 104-127, 2010.

WOLFFENBÜTTEL, Andréa. O que é? Índice de Gini. Desafios do Desenvolvimento. Brasília: IPEA. 2004. Ano 1 . Edição 4. 1/11/2004. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2048:catid=28> acesso em: nov. 2018.

WUKELIC, G.E.; GIBBONS, D. E.; MARTUCCI, L. M.; FOOTE, H. P. Radiometric calibration of Landsat thematic mapper thermal band. Remote Sensing of Environment: p. 339-347, 1989.

YOUNG, B.A. Effect of environmental stress on nutrient needs. In: CHURCH, D.C. (Ed.) The ruminant animal. New Jersey: Prentice Hall, 1988.

ANEXO I

Tabela 14 - Índices obtidos por município cearense em cada dimensão analisada.

Código IBGE	Município	Social e			Média Geral
		Institucional	Econômico	Ambiental	
2300101	Abaiara	0,337	0,183	0,393	0,304
2300150	Acarape	0,225	0,198	0,490	0,304
2300200	Acaraú	0,345	0,054	0,616	0,338
2300309	Acopiara	0,298	0,157	0,213	0,223
2300408	Aiuaba	0,268	0,091	0,120	0,159
2300507	Alcântaras	0,320	0,049	0,396	0,255
2300606	Altaneira	0,332	0,093	0,364	0,263
2300705	Alto Santo	0,361	0,222	0,486	0,356
2300754	Amontada	0,299	0,086	0,574	0,320
2300804	Antonina do Norte	0,319	0,136	0,273	0,243
2300903	Apuiarés	0,354	0,113	0,421	0,296
2301000	Aquiraz	0,386	0,160	0,741	0,429
2301109	Aracati	0,322	0,061	0,620	0,334
2301208	Aracoiaba	0,349	0,088	0,437	0,291
2301257	Ararendá	0,333	0,088	0,531	0,317
2301307	Araripe	0,291	0,130	0,515	0,312
2301406	Aratuba	0,298	0,033	0,294	0,208
2301505	Arneiroz	0,315	0,152	0,012	0,160
2301604	Assaré	0,311	0,143	0,207	0,220
2301703	Aurora	0,318	0,144	0,366	0,276
2301802	Baixio	0,347	0,181	0,436	0,322
2301851	Banabuiú	0,287	0,228	0,256	0,257
2301901	Barbalha	0,386	0,112	0,533	0,344
2301950	Barreira	0,255	0,080	0,505	0,280
2302008	Barro	0,392	0,150	0,409	0,317
2302057	Barroquinha	0,192	0,060	0,730	0,327
2302107	Baturité	0,296	0,081	0,398	0,258
2302206	Beberibe	0,561	0,076	0,475	0,371
2302305	Bela Cruz	0,371	0,087	0,632	0,363
2302404	Boa Viagem	0,258	0,114	0,070	0,147
2302503	Brejo Santo	0,350	0,268	0,218	0,279
2302602	Camocim	0,301	0,045	0,639	0,329
2302701	Campos Sales	0,241	0,088	0,248	0,192
2302800	Canindé	0,300	0,092	0,201	0,198
2302909	Capistrano	0,289	0,051	0,300	0,213
2303006	Caridade	0,273	0,101	0,580	0,318
2303105	Cariré	0,280	0,142	0,559	0,327
2303204	Caririaçu	0,318	0,108	0,449	0,291

Código IBGE	Município	Social e			Média Geral
		Institucional	Econômico	Ambiental	
2303303	Cariús	0,326	0,133	0,346	0,269
2303402	Carnaubal	0,361	0,047	0,809	0,406
2303501	Cascavel	0,351	0,071	0,617	0,346
2303600	Catarina	0,263	0,137	0,170	0,190
2303659	Catunda	0,196	0,101	0,388	0,228
2303709	Caucaia	0,329	0,128	0,632	0,363
2303808	Cedro	0,321	0,150	0,405	0,292
2303907	Chaval	0,211	0,103	0,884	0,399
2303931	Choró	0,232	0,090	0,245	0,189
2303956	Chorozinho	0,290	0,090	0,510	0,297
2304004	Coreaú	0,185	0,134	0,500	0,273
2304103	Crateús	0,344	0,138	0,455	0,312
2304202	Crato	0,382	0,133	0,670	0,395
2304236	Croatá	0,264	0,040	0,681	0,328
2304251	Cruz	0,289	0,054	0,615	0,319
2304269	Deputado Irapuan Pinheiro	0,357	0,161	0,332	0,283
2304277	Ererê	0,193	0,204	0,440	0,279
2304285	Eusébio	0,391	0,295	0,807	0,498
2304301	Farias Brito	0,324	0,138	0,422	0,295
2304350	Forquilha	0,309	0,142	0,356	0,269
2304400	Fortaleza	0,448	0,233	0,836	0,506
2304459	Fortim	0,334	0,043	0,558	0,312
2304509	Frecheirinha	0,296	0,079	0,468	0,281
2304608	General Sampaio	0,354	0,125	0,284	0,254
2304657	Graça	0,290	0,058	0,497	0,282
2304707	Granja	0,284	0,084	0,741	0,369
2304806	Granjeiro	0,388	0,132	0,376	0,299
2304905	Groaíras	0,268	0,130	0,457	0,285
2304954	Guaiúba	0,423	0,121	0,482	0,342
2305001	Guaraciaba do Norte	0,332	0,068	0,796	0,399
2305100	Guaramiranga	0,301	0,058	0,230	0,196
2305209	Hidrolândia	0,310	0,112	0,486	0,302
2305233	Horizonte	0,377	0,213	0,492	0,361
2305266	Ibaretama	0,243	0,135	0,361	0,246
2305308	Ibiapina	0,353	0,080	1,000	0,478
2305332	Ibicuitinga	0,306	0,152	0,487	0,315
2305357	Icapuí	0,283	0,095	0,546	0,308
2305407	Icó	0,303	0,124	0,272	0,233
2305506	Iguatu	0,301	0,212	0,400	0,304
2305605	Independência	0,311	0,163	0,306	0,260
2305654	Ipaporanga	0,335	0,110	0,396	0,280

Código IBGE	Município	Social e			Média Geral
		Institucional	Econômico	Ambiental	
2305704	Ipaumirim	0,299	0,154	0,505	0,319
2305803	Ipu	0,341	0,112	0,518	0,324
2305902	Ipueiras	0,302	0,087	0,493	0,294
2306009	Iracema	0,324	0,259	0,387	0,323
2306108	Irauçuba	0,314	0,146	0,266	0,242
2306207	Itaiçaba	0,400	0,068	0,591	0,353
2306256	Itaitinga	0,264	0,140	0,663	0,356
2306306	Itapajé	0,305	0,093	0,160	0,186
2306405	Itapipoca	0,327	0,079	0,521	0,309
2306504	Itapiúna	0,273	0,100	0,359	0,244
2306553	Itarema	0,307	0,083	0,556	0,315
2306603	Itatira	0,229	0,060	0,251	0,180
2306702	Jaguaretama	0,337	0,257	0,370	0,321
2306801	Jaguaribara	0,373	0,218	0,410	0,334
2306900	Jaguaribe	0,367	0,205	0,383	0,318
2307007	Jaguaruana	0,377	0,113	0,502	0,331
2307106	Jardim	0,349	0,120	0,392	0,287
2307205	Jati	0,329	0,155	0,158	0,214
2307254	Jijoca de Jericoacoara	0,316	0,033	0,575	0,308
2307304	Juazeiro do Norte	0,299	0,240	0,558	0,366
2307403	Jucás	0,212	0,173	0,199	0,195
2307502	Lavras da Mangabeira	0,318	0,136	0,441	0,298
2307601	Limoeiro do Norte	0,498	0,277	0,580	0,452
2307635	Madalena	0,350	0,157	0,312	0,273
2307650	Maracanaú	0,739	0,170	0,563	0,491
2307700	Maranguape	0,343	0,208	0,499	0,350
2307809	Marco	0,316	0,093	0,518	0,309
2307908	Martinópolis	0,373	0,091	0,546	0,336
2308005	Massapê	0,269	0,170	0,382	0,273
2308104	Mauriti	0,345	0,155	0,338	0,279
2308203	Meruoca	0,408	0,037	0,383	0,276
2308302	Milagres	0,280	0,173	0,368	0,274
2308351	Milhã	0,306	0,229	0,451	0,329
2308377	Miraíma	0,328	0,187	0,416	0,310
2308401	Missão Velha	0,377	0,114	0,557	0,349
2308500	Mombaça	0,313	0,131	0,053	0,166
2308609	Monsenhor Tabosa	0,345	0,106	0,246	0,232
2308708	Morada Nova	0,620	0,195	0,436	0,417
2308807	Moraújo	0,384	0,095	0,567	0,349
2308906	Morrinhos	0,299	0,095	0,532	0,309
2309003	Mucambo	0,371	0,068	0,632	0,357
2309102	Mulungu	0,296	0,033	0,240	0,189

Código IBGE	Município	Social e			Média Geral
		Institucional	Econômico	Ambiental	
2309201	Nova Olinda	0,357	0,180	0,348	0,295
2309300	Nova Russas	0,357	0,113	0,544	0,338
2309409	Novo Oriente	0,342	0,102	0,348	0,264
2309458	Ocara	0,283	0,093	0,549	0,308
2309508	Orós	0,290	0,162	0,228	0,226
2309607	Pacajus	0,432	0,209	0,468	0,369
2309706	Pacatuba	0,360	0,087	0,634	0,360
2309805	Pacoti	0,324	0,079	0,243	0,215
2309904	Pacujá	0,405	0,200	0,484	0,363
2310001	Palhano	0,275	0,093	0,556	0,308
2310100	Palmácia	0,317	0,390	0,437	0,381
2310209	Paracuru	0,393	0,096	0,686	0,392
2310258	Paraipaba	0,342	0,065	0,639	0,349
2310308	Parambu	0,271	0,111	0,161	0,181
2310407	Paramoti	0,309	0,081	0,353	0,248
2310506	Pedra Branca	0,316	0,122	0,000	0,146
2310605	Penaforte	0,420	0,202	0,446	0,356
2310704	Pentecoste	0,307	0,111	0,508	0,309
2310803	Pereiro	0,301	0,097	0,260	0,220
2310852	Pindoretama	0,233	0,105	0,777	0,372
2310902	Piquet Carneiro	0,304	0,139	0,218	0,220
2310951	Pires Ferreira	0,346	0,095	0,602	0,348
2311009	Poranga	0,292	0,067	0,442	0,267
2311108	Porteiras	0,342	0,175	0,256	0,258
2311207	Potengi	0,259	0,197	0,426	0,294
2311231	Potiretama	0,367	0,153	0,468	0,329
2311264	Quiterianópolis	0,317	0,097	0,250	0,221
2311306	Quixadá	0,287	0,145	0,322	0,251
2311355	Quixelô	0,325	0,197	0,268	0,263
2311405	Quixeramobim	0,385	0,200	0,293	0,293
2311504	Quixeré	0,432	0,129	0,549	0,370
2311603	Redenção	0,318	0,056	0,202	0,192
2311702	Reriutaba	0,281	0,076	0,582	0,313
2311801	Russas	0,386	0,152	0,426	0,322
2311900	Saboeiro	0,241	0,127	0,137	0,168
2311959	Salitre	0,266	0,068	0,432	0,255
2312106	Santana do Cariri	0,333	0,097	0,661	0,364
2312205	Santa Quitéria	0,323	0,130	0,371	0,275
2312007	Santana do Acaraú	0,290	0,114	0,503	0,302
2312304	São Benedito	0,330	0,054	0,895	0,426
2312403	São Gonçalo do Amarante	0,416	0,087	0,607	0,370

Código IBGE	Município	Social e			Média Geral
		Institucional	Econômico	Ambiental	
2312502	São João do Jaguaribe	0,307	0,168	0,437	0,304
2312601	São Luís do Curu	0,274	0,100	0,425	0,266
2312700	Senador Pompeu	0,304	0,160	0,365	0,276
2312809	Senador Sá	0,313	0,086	0,576	0,325
2312908	Sobral	0,318	0,119	0,419	0,285
2313005	Solonópole	0,310	0,197	0,355	0,287
2313104	Tabuleiro do Norte	0,353	0,174	0,626	0,385
2313203	Tamboril	0,285	0,131	0,446	0,287
2313252	Tarrafas	0,311	0,095	0,181	0,196
2313302	Tauá	0,314	0,133	0,145	0,198
2313351	Tejuçuoca	0,336	0,121	0,209	0,222
2313401	Tianguá	0,334	0,037	0,782	0,384
2313500	Trairi	0,287	0,102	0,638	0,342
2313559	Tururu	0,305	0,081	0,605	0,330
2313609	Ubajara	0,354	0,063	0,801	0,406
2313708	Umari	0,304	0,149	0,213	0,222
2313757	Umirim	0,396	0,338	0,492	0,409
2313807	Uruburetama	0,339	0,050	0,103	0,164
2313906	Uruoca	0,288	0,101	0,504	0,298
2313955	Varjota	0,309	0,133	0,528	0,323
2314003	Várzea Alegre	0,298	0,142	0,378	0,273
2314102	Viçosa do Ceará	0,299	0,047	0,679	0,342

ANEXO 3

Legenda da Figura 44:

Id - Município							
1	Abaiara	47	Choró	93	Jaguaribara	139	Pentecoste
2	Acarape	48	Chorozinho	94	Jaguaribe	140	Pereiro
3	Acaraú	49	Coreaú	95	Jaguaruana	141	Pindoretama
4	Acopiara	50	Crateús	96	Jardim	142	Piquet Carneiro
5	Aiuaba	51	Crato	97	Jati	143	Pires Ferreira
6	Alcântaras	52	Croatá	98	Jijoca de Jericoacoara	144	Poranga
7	Altaneira	53	Cruz	99	Juazeiro do Norte	145	Porteiras
8	Alto Santo	54	Dep. Irapuan Pinheiro	100	Jucás	146	Potengi
9	Amontada	55	Ererê	101	Lavras da Mangabeira	147	Potiretama
10	Antonina do Norte	56	Eusébio	102	Limoeiro do Norte	148	Quiterianópolis
11	Apuiarés	57	Farias Brito	103	Madalena	149	Quixadá
12	Aquiraz	58	Forquilha	104	Maracanaú	150	Quixelô
13	Aracati	59	Fortaleza	105	Maranguape	151	Quixeramobim
14	Aracoiaba	60	Fortim	106	Marco	152	Quixeré
15	Ararendá	61	Frecheirinha	107	Martinópolis	153	Redenção
16	Araripe	62	General Sampaio	108	Massapê	154	Reriutaba
17	Aratuba	63	Graça	109	Mauriti	155	Russas
18	Arneiroz	64	Granja	110	Meruoca	156	Saboeiro
19	Assaré	65	Granjeiro	111	Milagres	157	Salitre
20	Aurora	66	Groaíras	112	Milhã	158	Santana do Cariri
21	Baixio	67	Guaiúba	113	Miraíma	159	Santa Quitéria
22	Banabuiú	68	Guaraciaba do Norte	114	Missão Velha	160	Santana do Acaraú
23	Barbalha	69	Guaramiranga	115	Mombaça	161	São Benedito
24	Barreira	70	Hidrolândia	116	Monsenhor Tabosa	162	São Gonçalo do Amarante
25	Barro	71	Horizonte	117	Morada Nova	163	São João do Jaguaribe
26	Barroquinha	72	Ibaretama	118	Moraújo	164	São Luís do Curu
27	Baturité	73	Ibiapina	119	Morrinhos	165	Senador Pompeu
28	Beberibe	74	Ibicuitinga	120	Mucambo	166	Senador Sá
29	Bela Cruz	75	Icapuí	121	Mulungu	167	Sobral
30	Boa Viagem	76	Icó	122	Nova Olinda	168	Solonópole
31	Brejo Santo	77	Iguatu	123	Nova Russas	169	Tabuleiro do Norte
32	Camocim	78	Independência	124	Novo Oriente	170	Tamboril
33	Campos Sales	79	Ipaporanga	125	Ocara	171	Tarrafas
34	Canindé	80	Ipaumirim	126	Orós	172	Tauá
35	Capistrano	81	Ipu	127	Pacajus	173	Tejuçuoca
36	Caridade	82	Ipueiras	128	Pacatuba	174	Tianguá
37	Cariré	83	Iracema	129	Pacoti	175	Trairi
38	Caririaçu	84	Irauçuba	130	Pacujá	176	Tururu
39	Cariús	85	Itaiçaba	131	Palhano	177	Ubajara
40	Carnaubal	86	Itaitinga	132	Palmácia	178	Umari
41	Cascavel	87	Itapajé	133	Paracuru	179	Umirim

42	Catarina	88	Itapipoca	134	Paraipaba	180	Uruburetama
43	Catunda	89	Itapiúna	135	Parambu	181	Uruoca
44	Caucaia	90	Itarema	136	Paramoti	182	Varjota
45	Cedro	91	Itatira	137	Pedra Branca	183	Várzea Alegre
46	Chaval	92	Jaguaretama	138	Penaforte	184	Viçosa do Ceará

ANEXO 4

Regras de decisão utilizadas na calculadora de campo do QGIS, para classificação do mapa presente na figura 43.

```

CASE
WHEN "ambiental" is 'bom' and "socioeconomico" is 'bom' and "institucional" is 'bom' THEN 'SUSTENTAVEL'
WHEN "ambiental" is 'bom' and "socioeconomico" is 'bom' and "institucional" is 'medio' THEN 'SUSTENTAVEL'
WHEN "ambiental" is 'bom' and "socioeconomico" is 'bom' and "institucional" is 'ruim' THEN 'SUSTENTAVEL'
WHEN "ambiental" is 'bom' and "socioeconomico" is 'medio' and "institucional" is 'bom' THEN 'SUSTENTAVEL'
WHEN "ambiental" is 'bom' and "socioeconomico" is 'medio' and "institucional" is 'medio' THEN 'SUSTENTAVEL'
WHEN "ambiental" is 'bom' and "socioeconomico" is 'ruim' and "institucional" is 'ruim' THEN 'INCENTIVAR'
WHEN "ambiental" is 'bom' and "socioeconomico" is 'ruim' and "institucional" is 'bom' THEN 'INCENTIVAR'
WHEN "ambiental" is 'bom' and "socioeconomico" is 'ruim' and "institucional" is 'medio' THEN 'INCENTIVAR'
WHEN "ambiental" is 'bom' and "socioeconomico" is 'ruim' and "institucional" is 'ruim' THEN 'INCENTIVAR'
WHEN "ambiental" is 'medio' and "socioeconomico" is 'bom' and "institucional" is 'bom' THEN 'MANTER'
WHEN "ambiental" is 'medio' and "socioeconomico" is 'bom' and "institucional" is 'medio' THEN 'MANTER'
WHEN "ambiental" is 'medio' and "socioeconomico" is 'bom' and "institucional" is 'ruim' THEN 'INCENTIVAR'
WHEN "ambiental" is 'medio' and "socioeconomico" is 'medio' and "institucional" is 'bom' THEN 'MANTER'
WHEN "ambiental" is 'medio' and "socioeconomico" is 'medio' and "institucional" is 'medio' THEN 'MANTER'
WHEN "ambiental" is 'medio' and "socioeconomico" is 'ruim' and "institucional" is 'ruim' THEN 'INCENTIVAR'
WHEN "ambiental" is 'medio' and "socioeconomico" is 'ruim' and "institucional" is 'bom' THEN 'MANTER'
WHEN "ambiental" is 'medio' and "socioeconomico" is 'ruim' and "institucional" is 'medio' THEN 'INCENTIVAR'
WHEN "ambiental" is 'medio' and "socioeconomico" is 'ruim' and "institucional" is 'ruim' THEN 'INCENTIVAR'
WHEN "ambiental" is 'ruim' and "socioeconomico" is 'bom' and "institucional" is 'bom' THEN 'ALERTA'
WHEN "ambiental" is 'ruim' and "socioeconomico" is 'bom' and "institucional" is 'medio' THEN 'ALERTA'
WHEN "ambiental" is 'ruim' and "socioeconomico" is 'bom' and "institucional" is 'ruim' THEN 'ALERTA'
WHEN "ambiental" is 'ruim' and "socioeconomico" is 'medio' and "institucional" is 'bom' THEN 'ALERTA'
WHEN "ambiental" is 'ruim' and "socioeconomico" is 'medio' and "institucional" is 'medio' THEN 'ALERTA'
WHEN "ambiental" is 'ruim' and "socioeconomico" is 'ruim' and "institucional" is 'ruim' THEN 'BAIXA APTIDAO'
WHEN "ambiental" is 'ruim' and "socioeconomico" is 'ruim' and "institucional" is 'bom' THEN 'BAIXA APTIDAO'
WHEN "ambiental" is 'ruim' and "socioeconomico" is 'ruim' and "institucional" is 'medio' THEN 'BAIXA APTIDAO'
WHEN "ambiental" is 'ruim' and "socioeconomico" is 'ruim' and "institucional" is 'ruim' THEN 'BAIXA APTIDAO'
END

```