



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL  
CAMPUS DE POMBAL - PB**

**LUCAS GIL FERREIRA**

**CARTOGRAFIA DA VULNERABILIDADE SOCIAMBIENTAL: Uma Aplicação no  
Território Rural Médio Piranhas em Períodos de Estiagem**

**POMBAL - PB**

**2017**

**LUCAS GIL FERREIRA**

**CARTOGRAFIA DA VULNERABILIDADE SOCIAMBIENTAL: Uma Aplicação no  
Território Rural Médio Piranhas em Períodos de Estiagem**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como um dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Luís Gustavo de Lima Sales

**POMBAL - PB**

**2017**



**LUCAS GIL FERREIRA**

**CARTOGRAFIA DA VULNERABILIDADE SOCIAMBIENTAL: Uma Aplicação no Território Rural Médio Piranhas em Períodos de Estiagem**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como um dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Luís Gustavo de Lima Sales

Trabalho de conclusão de curso aprovado em 28 de março de 2017.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Luís Gustavo de Lima Sales  
Orientador - UFCG/*Campus* de Pombal - PB

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ricélia Maria Marinho Sales  
Examinadora Interna - UFCG/*Campus* de Pombal - PB

---

Prof.<sup>a</sup> Me. Elisdiane Freires Ferreira  
Examinadora Externa – Guedes e Santana Serviços Topográficos (CNPJ nº 23908246/0001-61)

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer em primeiro lugar à minha família, em especial, aos meus pais, pela força, incentivo, carinho e por acreditar em mim durante essa longa jornada acadêmica. Sem eles eu não estaria onde estou hoje, concluindo o meu curso de Engenharia Ambiental.

Ao meu orientador Luís Gustavo de Lima Sales, pela paciência na orientação, pelos ensinamentos e esforços para me ajudar neste trabalho.

À banca examinadora, por aceitar o convite e por sua importante contribuição a este trabalho.

Agradeço a todos os docentes da Unidade Acadêmica de Ciência e Tecnologia Agroalimentar (CCTA/UFCG), pela colaboração e disponibilização para ajudas que foram de suma importância na minha vida acadêmica.

Aos amigos que conheci durante o curso, e os levarei em meu coração por muitos anos, sem eles seria difícil a vida neste campus, pois o companheirismo, amizade e apoio durante todo o curso, serviu de bastante incentivo para concluir o curso.

**FERREIRA, L. G. CARTOGRAFIA DA VULNERABILIDADE SOCIAMBIENTAL:** Uma Aplicação no Território Rural Médio Piranhas em Períodos de Estiagem. 2017. 52 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2017.

## **RESUMO**

O clima semiárido, como também é conhecido por tropical semiárido, abrange uma grande parte da região nordestina do Brasil e tem como uma das principais características a irregular distribuição de chuvas em sua região, tornando essa área favorável para que ocorra evento natural extremo denominado seca. Há alguns anos atrás, todos os municípios que compreende o Território Rural Médio Piranhas (TRMP), decretaram situação de emergência ou estado de calamidade pública para que o Governo Estadual tome medidas cabíveis a atual situação vivenciada pela população do TRMP. A aplicação de ferramentas que permitam ajudar no procedimento de construção da informação e do conhecimento sobre a seca é crucial e auxilia nas tomadas de decisões. Com base nesse contexto, surge a ideia de se utilizar os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) que vem sendo utilizado pelos órgãos governamentais, não-governamentais e entidades privadas, tendo como principal objetivo integrar dados espaciais e não-espaciais em seus projetos e estudos referentes ao meio ambiente. Assim, o principal objetivo desse trabalho de conclusão de curso foi construir uma cartografia da vulnerabilidade socioambiental do Território Rural Médio Piranhas, na Paraíba, durante o período de seca. Uma análise de possíveis aspectos nos períodos de estiagem para assim apresentar uma magnitude relevante para o desenvolvimento do TRMP.

**Palavras-chave:** Indicadores, geoprocessamento, seca.

**FERREIRA, L. G. CARTOGRAPHY OF SOCIO-ENVIRONMENTAL VULNERABILITY: An Application in the Territory Average Piranhas in Periods of Drought.** 2017. 52 pgs. Work of Conclusion of Course (Graduation in Environmental Engineering) – Federal University of Campina Grande, Pombal-PB. 2017.

### **ABSTRACT**

The semiarid climate, also known as tropical semiarid, covers a big portion of the Brazilian northeast region, and has, as one of its main features, the irregular distribution of rain on its territory, making this area suitable so that there is the extreme natural event denominated drought. A few years ago, all municipalities that comprehend the Território Rural Médio Piranhas (TRMP), which is a rural area, decreed state of emergency or state of public calamity, asking the state government to take strong measures, in order to help the population of TRMP. The application of tools that allow to help in the procedure of gathering information and knowledge about the drought is crucial, and assists to take the right decisions. Based in this context, emerges the idea of using the Geographic Information Systems (in portuguese, Sistema de Informações Geográficas, or SIGs), that has been used by the government and non-government agencies, and also by private entities, having as the major goal to integrate special and non-spacial data in their projects and studies about the environment. Therefore, the main purpose of this Work of Conclusion of Course was to build a cartography of the socio-environmental vulnerability of the TRMP, in the state of Paraíba, during the drought period. An analysis of possible aspects in the periods of drought, to thereby show a relevant cause for the development of TRMP.

**Keywords:** Indicators, geoprocessing, drought.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Municípios pertencentes ao Território Rural Médio Piranhas, suas respectivas populações (urbanas e rurais) e área total .....	23
TABELA 2 - Variáveis para o Índice de Exposição .....	40
TABELA 3 - Variáveis para o Índice de Sensibilidade .....	42
TABELA 4 - Variáveis para o Índice de Capacidade Adaptativa .....	45
TABELA 5 - Índices dos municípios do Território Rural Médio Piranhas.....	47

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Estrutura do Sistema de Indicador de Vulnerabilidade Socioambiental .....	26
QUADRO 2 – Estrutura do Sistema de Indicador de Vulnerabilidade Socioambiental com Relação da Variável .....	35
QUADRO 3 – Classificação e Representação dos Índices em Níveis de Vulnerabilidade Socioeconômica .....	38

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Mapa de Localização do Território Rural do Médio Piranhas – PB .....	22
FIGURA 2 – Espacialização do Índice de Exposição no Território Rural Médio Piranhas .....	41
FIGURA 3 – Espacialização do Índice de Sensibilidade no Território Rural Médio Piranhas .....	43
FIGURA 4 - Espacialização do Índice de Capacidade Adaptativa no Território Rural Médio Piranhas .....	46
FIGURA 5 – Espacialização do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental no Território Rural Médio Piranhas .....	48

## **LISTA DE SIGLAS**

**AESA** – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

**ANA** – Agência Nacional das Águas

**GEE** – Gases Efeito Estufa

**EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**ETp** – Evapotranspiração Potencial

**IA** – Índice de Aridez

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**Icp** – Índice de Capacidade Adaptativa

**Ie** – Índice de exposição

**IPCC** – Intergovernmental Panel on Climate Change

**Is** – Índice de Sensibilidade

**MC** – Mudanças Climáticas

**ONU** – Organização das Nações Unidas

**QGIS** – Quantum Gis

**SAB** – Semiárido Brasileiro

**SIG** – Sistemas de Informações Geográficas

**TRMP** – Território Rural Médio Piranhas

**UN-ISDR** – United Nations – International Strategy for Disaster Risk Reduction

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 Vulnerabilidade .....	15
2.1.1 Vulnerabilidade Socioambiental .....	16
2.1.2 Exposição/Sensibilidade/Capacidade Adaptativa ao evento extremo Seca .....	17
2.2 Cartografia da Vulnerabilidade Socioambiental .....	19
3. METODOLOGIA.....	22
3.1 Caracterizações da área de estudo .....	22
3.2 Procedimentos metodológicos utilizados .....	25
3.3.1. Dimensão Exposição.....	27
3.3.2 Dimensão Sensibilidade .....	28
3.3.2 Dimensão Capacidade Adaptativa .....	31
3.4 Normalizações dos indicadores.....	34
3.5 Geração dos Índices das Dimensões da Vulnerabilidade e do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental.....	36
3.6 Representações do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental .....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
4.1 Índice de Exposição .....	39
4.2 Índice de Sensibilidade.....	41
4.3 Índice de Capacidade Adaptativa .....	44
4.4 Índice de Vulnerabilidade Socioambiental.....	46
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
REFERÊNCIAS.....	50

## 1. INTRODUÇÃO

Alguns temas ganham destaque nas agendas políticas, sociais e científicas na atualidade aqui no Brasil, como é o caso do fenômeno da Mudança Climática (MC) e seus impactos para os sistemas ambientais e sociais. Tais temas em destaques ainda são reforçados quando direciona-se as análises para sistemas historicamente mais frágeis economicamente, socialmente, ambientalmente, culturalmente e politicamente a tal fenômeno, como parece ser o caso dos Territórios Rurais (TR's) localizados no Semiárido Brasileiro (SAB).

Para o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007) o fenômeno da Mudança Climática é global, de extenso prazo e abrange interações complexas entre processos climáticos, políticos, econômicos, institucionais, ambientais, entre outros. Porém, o seu impacto é sentido localmente, pelas pessoas que habitam determinadas regiões.

Vale salientar que os estudiosos da temática de MC apontam que boa parte destes impactos são acarretados pela grande emissão e concentração de gases efeito estufa (GEE) presentes na atmosfera. Por isso que a MC é tida como um fenômeno mundial. De acordo com as pesquisas desenvolvidas pelo IPCC, a temperatura média do planeta pode subir de 1,8°C para 4°C até o ano de 2100 e isso levaria a uma transformação radical no meio ambiente (IPCC, 2007).

Essas mudanças no clima acabam gerando diversos impactos, cabendo a população da região afetada adaptar-se a ela. O IPCC (2001) conceitua adaptação como “ajuste em sistemas humanos e naturais em resposta a atual ou futuro estímulo climático ou seus efeitos, podendo moderar dano ou explorar oportunidades benéficas”.

Diversos autores visam adaptação como um conjunto de respostas, que vão desde pequenos consertos superficiais a curto-prazo até alterações estruturantes e alterações de paradigmas de médio a longo-prazo (HOWDEN *et al.*, 2007; MOSER; EKSTROM, 2010).

Tais alterações podem levar a mudanças em diferentes sistemas ambientais com reflexos diretos nas populações que habitam esses sistemas, como é o caso do Semiárido Brasileiro (SAB), no qual a MC poderá influenciar diretamente e incisivamente no regime das chuvas, gerando uma maior ocorrência de secas e enchentes (MOTTA *et al.*, 2011).

Uma das principais características do SAB são as secas, devido à instabilidade das chuvas e baixos índices pluviométricos (abaixo de 800mm por ano).

O Semiárido nordestino apresenta uma sensibilidade a mudanças de clima, no que se diz respeito a escassez de água. A seca é caracterizada pela má distribuição de chuva de acordo com o tempo, podendo levar a infortúnios maiores, afetando assim, a vida das populações locais. Portanto, compreender os impactos decorrentes do evento extremo “seca” nas populações que vivem no Semiárido brasileiro é fundamental para que se adote estratégias de adaptabilidade e convivência. (MARENGO *et al.*, 2011).

Nesse contexto de sensibilidade aliada a questão da exposição e da capacidade adaptativa da população do SAB à escassez hídrica, surge o desafio de se analisar a Vulnerabilidade Socioambiental Local, contribuindo assim na construção de planejamento e gerenciamento de eventos extremos decorrentes da MC.

Não se pode planejar e/ou gerenciar aquilo que não se conhece. Portanto, a informação e o conhecimento construído coletivamente pelos diferentes setores da sociedade local, sejam eles civil público ou privado são essenciais para a qualidade de vida.

De acordo com Freitas e Cunha (2013), é essencial o planejamento de medidas integradas, envolvendo o governo e parceiros locais, que, a partir de políticas, transformem o conhecimento já adquirido em ações concretas e em larga escala para trazer benefícios à toda sociedade.

Diante desse contexto, surge a ideia de se utilizar Sistemas de Indicadores para auxiliar no processo de construção de informações e conhecimentos sobre as realidades e suas respectivas vulnerabilidades encontradas no semiárido nordestino. Os Sistema de Indicadores é fundamental, embora não seja a realidade em si, são de grande utilidade para o auxílio na construção de políticas públicas voltadas para a melhoria da qualidade de vida local.

Outro aspecto importante nesse processo de construção do conhecimento local para auxiliar no processo de planejamento e gerenciamento de áreas expostos a eventos extremos, como é o caso da “seca” no semiárido nordestino, é a espacialização de informações contributivas. Na verdade, essa espacialização tornou-se o produto final deste trabalho que foi a geração de uma Cartografia da Vulnerabilidade Socioambiental Local.

Nesta perspectiva, a cartografia da vulnerabilidade socioambiental local tem como intuito oferecer um panorama sobre a realidade do semiárido nordestino, mais precisamente, no Território Rural do Médio Piranhas-PB, onde será possível verificar, monitorar, comparar e avaliar os indicadores socioambientais que está sendo analisado.

Portanto, o objetivo do trabalho foi a construção de uma cartografia da vulnerabilidade socioambiental no Território Rural Médio Piranhas, na Paraíba, durante o período de seca.

Para tanto, foi necessária a formulação de alguns objetivos específicos, tais como:

- a) Levantamento de informações (durabilidade e intensidade, principais impactos e ações/políticas para minimização das consequências) acerca dos períodos de seca na área de estudo;
- b) Realização de um *Check-List* de Indicadores de Vulnerabilidade Socioambiental voltados a períodos de seca na área em análise;
- c) Construção do Sistema de Indicador de Vulnerabilidade Socioambiental voltado a períodos de seca na área em análise com sua Estrutura, Temas e Variáveis;
- d) Aplicação do sistema proposto no Território Rural do Médio Piranhas, demonstrando a sua aplicabilidade; e
- e) Espacialização das informações geradas pelo sistema através de ferramentas do Geoprocessamento.

A importância deste trabalho final de curso se dá tanto para um engenheiro ambiental quanto para a sociedade, afinal o mesmo mostra a realidade que nossa região vem enfrentando e quais as medidas que estão sendo tomadas para que se haja uma mitigação dos impactos gerados nesses períodos de seca. Assim como a importância da utilização da Cartografia socioambiental e a contribuição das geotecnologias para facilitar nesse processo.

Assim, o Trabalho de Conclusão de Curso foi dividido em cinco partes. Uma parte introdutória, seguida da fundamentação teórica, onde foi trabalhado com temas que deram a sustentação teórica do trabalho. A terceira parte foi a metodologia aplicada, seguida do capítulo referentes aos Resultados e Discussões e, finalizando com as Considerações Finais.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a abordagem teórica deste trabalho levou-se em consideração alguns conceitos-chave, a saber: 1) O conceito de “Vulnerabilidade” apoiado na ideia da Ciência da Vulnerabilidade proposta por Susan Cutter (2011); 2) O conceito de “Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa” através das abordagens de Martins e Ferreira (2012), Iwana *et. al.* (2016) e Lindoso (2013), bem como 3) O conceito da “Cartografia da Vulnerabilidade Socioambiental” apoiado nos trabalhos sobre “Vulnerabilidade Socioambiental de concelhos da Região Centro de Portugal por meio de sistema de informação geográfica” de Freitas, Cunha e Ramos (2013) e Cartografia da vulnerabilidade socioambiental: convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil de Freitas e Cunha (2013).

### 2.1 Vulnerabilidade

O conceito de Vulnerabilidade vem ganhando espaço tanto nas agendas técnico-científicas como nas das Políticas Públicas aqui no Brasil e no mundo. Seu conceito está diretamente ligado a um conjunto de procedimentos e circunstâncias decorrentes de fatores ambientais, econômicos, políticos, sociais e biológicos que intensificam a suscetibilidade das pessoas e dos lugares ao impacto de um “certo” risco (TOMINAGA, 2009).

De acordo com Rebelo (2010), o conceito de Vulnerabilidade e de Risco são totalmente indissociáveis. Para ser capaz de articular sobre risco é indispensável que haja também *vulnerabilidade*, isto é, que os eventos extremos perigosos (secas, enchentes, sismos e incêndios, por exemplo) perturbem, direta ou indiretamente, individual ou coletivamente o ser humano em diversos aspectos, seja na saúde, nos bens, ou nos modos de funcionamentos das instituições em que se condizem na sociedade, cultura e na economia (FREITAS E CUNHA, 2013).

Susan Cutter é uma das expoentes pesquisadoras da temática de Vulnerabilidade no mundo. De acordo com a autora, a vulnerabilidade diz respeito ao potencial de perda e engloba tanto os “elementos de exposição ao risco” (que são os fatores que põem a população e as regiões em risco diante de um algum perigo) quanto os “elementos de propensão” (que são as condições que elevam ou diminuem a capacidade da população, da infraestrutura ou de fatores físicos para retorquir (responder) e se reabilitar de determinadas ameaças ambientais). (CUTTER, 2011, p. 60)

Na concepção de Cutter (1996), a vulnerabilidade representa uma definição complexa, pois resultam de princípios sociais, econômicos, políticos e culturais, cujo conceito tem sido debatido também em “perspectivas epistemológicas muito diversas na ecologia política, ecologia humana, ciências físicas e análise espacial” (CUTTER, 1996 In FREITAS e CUNHA, 2013, p.17). A autora declara, como princípio essencial, o que pode-se chamar de “Ciência da Vulnerabilidade”.

A ciência da vulnerabilidade busca explorar tanto os fatores que intervêm nas capacidades locais, quanto os fatores que auxiliam na organização para resposta e recuperação de desastres, considerando de maneira comparativa os diversos padrões daí resultantes (CUTTER, 2011).

Essa ciência proporciona a base empírica para criação de políticas de amenização de riscos por meio de desenvolvimento de métodos e métricas para averiguar a vulnerabilidade social aos riscos ambientais e aos eventos extremos (CUTTER, 2003). A autora ainda afirma que apesar de ser crucial compreender os sistemas e processos naturais pelos quais dão origem aos riscos, não se é capaz de se captar completamente os impactos oriundos de certos eventos naturais ou processos. (CUTTER, 2011, p.60).

Outra concepção importante da Ciência da Vulnerabilidade é o requisito de sabedoria geoespacial e da análise com base nos locais. Todos os desastres são locais, sendo assim, as respostas imediatas também são (CUTTER, 2011). Portanto, a realização de análise das circunstâncias naturais de um local ou região contribuem para se entender a EXPOSIÇÃO de risco que se tem a um determinado evento extremo, bem como o estudo do ambiente produzido ou da infraestrutura que está ligada às ciências da engenharia, abrangendo as medições das infraestruturas favoráveis a CAPACIDADE ADAPTATIVA da população e do local frente ao evento extremo analisado. Por fim, existe a necessidade de medir as condições sociais do local, normalmente com recursos e dados socioeconômicos e a outros dados demográficos, abordando assim a SENSIBILIDADE da população perante a exposição ao evento extremo abordado (CUTTER, 2011).

### **2.1.1 Vulnerabilidade Socioambiental**

A partir dos estudos e aprofundamento sobre o conceito de Vulnerabilidade surgem diversos outras pesquisas e aplicações, dentre elas o conceito de Vulnerabilidade Socioambiental. Não é um conceito dado e acabado, ao contrário, este é um conceito em

construção e que precisa de elementos que façam a integração entre o conceito de social e ambiental.

Por enquanto, na literatura científica as abordagens sobre a Vulnerabilidade Socioambiental levam a uma correlação ou superposição espacial entre populações de baixa renda e com elevada privação (vulnerabilidade social) e áreas de risco, fragilidades e/ou degradação ambiental (vulnerabilidade ambiental). Nesse contexto, com a combinação dessas duas vulnerabilidades poderia ser considerada a situação de vulnerabilidade socioambiental (ALVES, 2006).

Alguns autores se destacam na aplicação e abordagem do conceito de Vulnerabilidade Socioambiental. Destaca-se nesse trabalho a própria Susan L. Cutter (Doutora e professora de Geografia em Carolina do Sul – EUA) que foi abordado acima; Maria Isabel Castreghini Freitas (Engenheira Cartográfica) e Lúcio Cunha (Geógrafo). Tais aplicações se dão numa área de vulnerabilidade a desastres/ciência de resiliência - o que torna a sociedade e a região onde elas vivem vulneráveis a eventos extremos e como a vulnerabilidade e a resiliência são medidas, monitoradas e avaliadas.

No caso deste trabalho, o estudo da Vulnerabilidade Socioambiental ao Evento Extremo recai sobre a seca. Portanto, entender, medir e avaliar o que torna a sociedade e a região do semiárido brasileiro mais ou menos vulneráveis nos períodos de seca, poderão auxiliar na identificação de quais áreas serão mais perturbadas por conta das alterações do clima, proporcionando assim a criação e implementação de políticas e medidas de adaptação e mitigação dos impactos provenientes das mudanças climáticas (SANTOS, 2008).

### **2.1.2 Exposição/Sensibilidade/Capacidade Adaptativa ao evento extremo Seca**

Para entender, medir e avaliar o grau de impacto do evento extremo seca e a extensão do mesmo, partiu-se de três grandes dimensões que compõem a Vulnerabilidade, qual foi: 1) Exposição; 2) Sensibilidade e; 3) Capacidade Adaptativa.

O órgão das Nações Unidas voltado para a redução dos riscos e dos desastres (The United Nations – International Strategy for Disaster Risk Reduction (UN-ISDR, 2009) menciona que a Exposição pode ser caracterizada por propriedades e/ou pessoas, sistemas ou elementos que estão na região de perigo e que estão sujeitas a serem afetadas negativamente por algum evento extremo.

Para se ter uma melhor visão sobre o termo “exposição”, Bhattacharya e Dass (2007) no Projeto BASIC, levaram em consideração que a exposição é um grupo de fatores a ser analisados, podendo ser divididos em partes para uma melhor análise, tais como: i) características de estímulo (ex: seca), ii) exposição da população, e iii) atividades expostas.

Para esse trabalho, o conceito de Exposição foi visto a partir das circunstâncias naturais (características de estímulo) do Semiárido brasileiro que contribuem para o entendimento dos impactos negativos a que os moradores locais estão sujeitos ao evento extremo da seca.

Já a Sensibilidade foi vista por Buckley (1982) como uma medida que refere-se a facilidade com que uma região seja impactada quando sofre alguma alteração, ou seja, uma resposta do ambiente a um evento extremo ou um reflexo da susceptibilidade e da vulnerabilidade.

A Sensibilidade também pode ser entendida como a predisposição física da sociedade, ambiente e da infraestrutura a serem danificados por um evento extremo, por causa da falta de habilidade e resistência da região e da sociedade a sofrer impactos oriundos desses fenômenos perigosos (CARDONA et al., 2012).

Sendo assim, a Sensibilidade é definida como uma tendência natural que faz parte ao meio socioambiental de ser afetado ou não devido a um evento natural extremo (ROSENDO, 2014).

Para o glossário de EIRD (Estratégia Internacional de Redução de Desastres 2009), Capacidade Adaptativa pode ser definida como uma conjunção de todos os recursos e forças “disponíveis” que fazem parte de uma organização, sociedade ou população, pela qual, tenham o poder de reduzir os danos ou o nível de risco de um determinado evento natural extremo ou desastre.

A ideia da adaptação é usada para apontar ajustes nos padrões de desempenho de um dado sistema e também para indicar ajustes nas suas características, que aumentam (ou melhoram) a sua capacidade de resposta aos mais variados impactos relacionados a eventos extremos, dentre eles eventos ligados a Mudança Climática, tais como a seca (PELLING, 2010).

Dessa maneira, com o reconhecimento da Mudança Climática e com os impactos decorrentes de tal mudança, percebidas através dos eventos extremos como a seca e seus respectivos impactos na economia, na sociedade, no ambiente, o que é feito para encarar tais impactos? Como o poder público atua mediante a esses acontecimentos? Para Pelling (2010),

as áreas que afrontam tais perigos crescentes, irão demandar ações de adaptação para amparar os padrões vigentes de risco.

Diante deste contexto, quanto maior for os riscos já existentes em um local, levando em conta o cenário de perigos crescentes fornecidos pelas projeções de mudanças de clima (IPCC, 2001; 2007), maior será a necessidade de um empenho na direção de adaptação (PELLING et al., 2010). As técnicas de adaptação podem e devem reduzir a vulnerabilidade local, visto que na situação específica das mudanças climáticas oriundas de atividades humanas, a única maneira sustentável de amenizar os riscos no longo prazo é através de utilização de técnicas combinadas com mitigação (MARTINS; FERREIRA, 2012).

Possuir a Capacidade de Adaptação não implica dizer necessariamente que vai se adaptar, afinal isso depende de várias condições como tempo e conhecimento (Martins; Ferreira, 2012). Para Adger *et al.* (2009) existem quatro conjecturas de suma importância nos que se diz respeito a capacidade de resposta e/ou adaptação a Mudanças Climáticas: (i) “questão de ética”, (ii) “a falta de conhecimento ou incertezas”, (iii) “percepção de riscos” e (iv) “a desvalorização dos aspectos culturais”.

Sobre “questão ética” diz respeito ao que a sociedade julga aceitável ou crítico, para assim se ter ações de adaptação, pois depende de várias preferências e valores; A “falta de conhecimento ou incertezas” está ligado a Mudanças Climáticas pelas quais são citadas com regularidade como uma das causas para o atraso para a adaptação; “Percepção de riscos” refere-se ao momento em que a sociedade não crê que o risco seja bastante para se tomar uma ação pertinente e com urgência. Já “desvalorização dos aspectos culturais” concerne a situações de crise sobre interpretações, estratégias e escolhas de medidas para se diminuir os riscos (MARTINS; FERREIRA, 2012).

## **2.2 Cartografia da Vulnerabilidade Socioambiental**

Para auxiliar no processo de construção da Vulnerabilidade Socioambiental de determinada região existe a Geotecnologia com sua capacidade de modelagem de aspectos físicos e socioeconômicos, trazendo diversos benefícios, dentre os quais pode-se destacar a organização de dados que irão se transforma, a *posteriori*, em informações e conhecimentos sobre o grau de Exposição, de Sensibilidade e da Capacidade Adaptativa sobre determinado

evento extremo, auxiliando dessa forma na prevenção e mitigação dos impactos negativos através do planejamento e da gestão de riscos associados ao evento extremo analisado.

Diante deste contexto, surge nesse trabalho a ideia de se utilizar os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como ferramenta para auxílio dessa temática. Os SIG's nada mais são do que um conjunto de equipamentos, dados, pessoas e meios tecnológicos, muito bem integrados, para se estudar o espaço terrestre, de modo a se tornar possível o processo de análise, armazenamento e coleta de dados georreferenciados (TEIXEIRA, 1995).

Existem diversos trabalhos no campo da Geografia que têm em vista a modelagem de eventos extremos relacionados ao ambiente e a sociedade através da utilização de geotecnologias. A luz de Marandola Jr. e Hogan (2004), somente em 1980 que surgiram os primeiros trabalhos geográficos sobre este assunto relacionados com eventos naturais que acarretavam efeitos negativos, colocando a sociedade em risco.

Citando um exemplo concreto desse processo, Cutter, Boruff e Shirley (2003) apresentaram um modelo de construção de índice, levando em consideração a vulnerabilidade social, que soma ou reduz os dados que têm importância sobre as características de influência, informações demográficas como: economia, letramento, cultura, idade, sexo, entre outros. Trata-se do SoVI™, a intenção deste modelo é demonstrar onde existe a Vulnerabilidade Social em um determinado local, e onde é mais baixo, mais alto, médio, o nível de vulnerabilidade social do local a um certo impacto (FREITAS; CUNHA, 2013).

Portanto, esse tipo de modelo, tem proporcionado uma síntese das principais características, levando em consideração as diferentes escalas das situações de vulnerabilidade social a eventos extremos. As divisões/delimitações das zonas de apresentação (bases cartográficas) são feitas em qualquer escala e geralmente são realizadas através dos SIG's.

Normalmente formadas por linhas e/ou polígonos dentro do mapa da área em questão, essas zonas de apresentação podem ser interligadas a uma unidade administrativa ou política (um distrito ou município, por exemplo) para se poder comparar em uma área geográfica mais vasta (CUTTER, 2011).

Freitas e Cunha (2013) realizaram um trabalho sobre esta temática, intitulado "Cartografia da vulnerabilidade socioambiental", baseado nas ideias metodológicas de Cutter (1996, 2003, 2011). No artigo foi discutido a vulnerabilidade socioambiental em países lusófonos, mais precisamente, trabalhos desenvolvidos em Brasil e Portugal, visando mostrar um índice de vulnerabilidade social decorrentes de eventos naturais e tecnológicos perigosos para Portugal, inspirado na capacidade de resiliência e resistência das populações e as regiões afetadas.

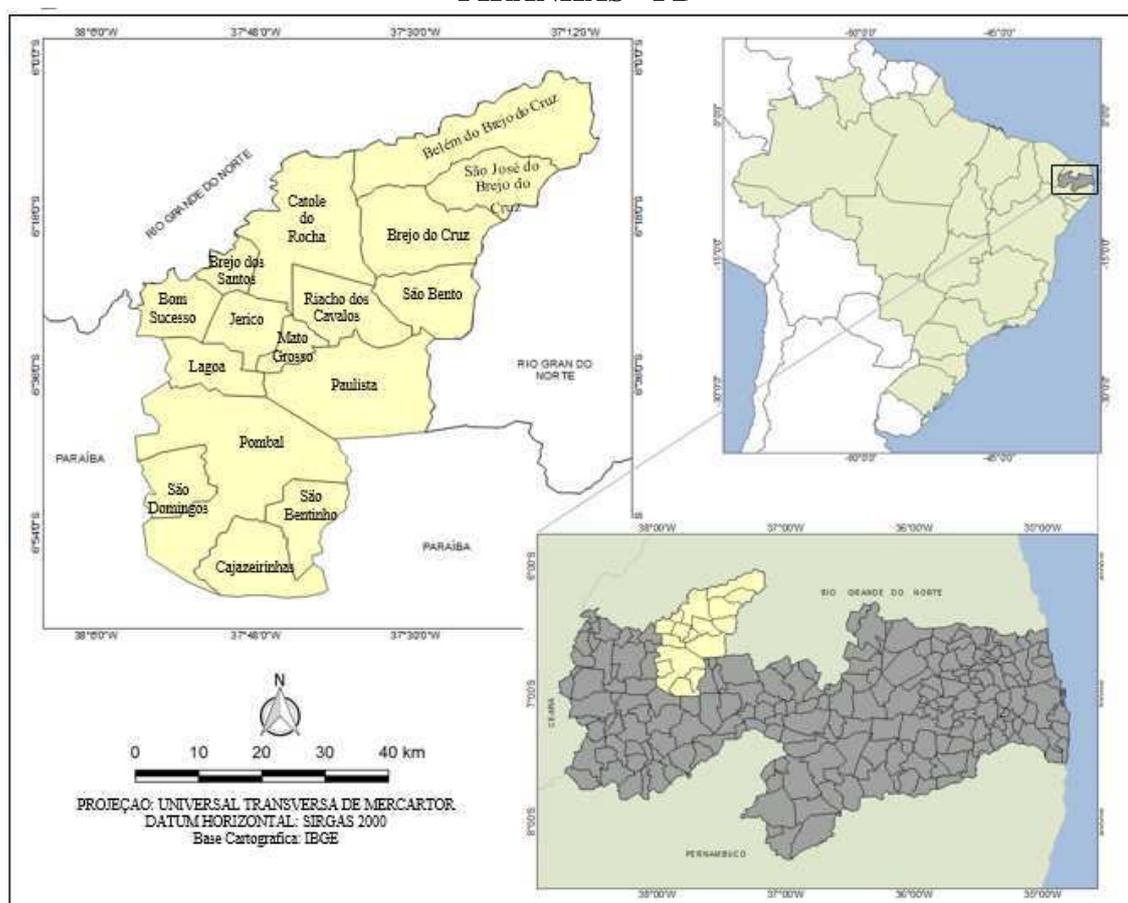
Este trabalho leva em consideração todos esses autores abordados, tendo como intuito a construção de uma cartografia da vulnerabilidade socioambiental no Território Rural Médio Piranhas, na Paraíba, durante o período de seca. Uma análise de possíveis aspectos nos períodos de estiagem.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterizações da área de estudo

Composta por 16 municípios, ocupando uma área de 5.154,96 km<sup>2</sup>, com uma população total de 169.980 habitantes, de acordo com os dados de Censo Demográfico do IBGE de 2010, o Território Rural Médio Piranhas-PB, está localizado no Nordeste brasileiro, no estado da Paraíba. Esse território é composto pelos seguintes municípios: Belém do Brejo do Cruz, Bom Sucesso, Brejo do Cruz, Brejo dos Santos, Cajazeirinhas, Catolé do Rocha, Jericó, Lagoa, Mato Grosso, Paulista, Pombal, Riacho dos Cavalos, São Bento, São Domingos e São José do Brejo do Cruz (ver Figura 1).

**Figura 1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO TERRITÓRIO RURAL DO MÉDIO PIRANHAS - PB**



Fonte: Autor, 2017.

Dos 16 municípios pertencentes ao Território, o município de Pombal se destaca com o maior número de habitantes, 32.110, ou seja, 18,89% do total da população de todo o Território do Médio Piranhas. O município menos populoso é o de São José do Brejo do Cruz com apenas 1.684 habitantes, 0,99%.

Quanto a situação da população urbana, os municípios de São Bento e Pombal são considerados os habitados do território analisado, com 81,09% e 80,20% respectivamente. Já os municípios cuja população é predominantemente rural são Cajazeirinhas e São Domingos, com 67,03% e 65,18% respectivamente (ver tabela 1).

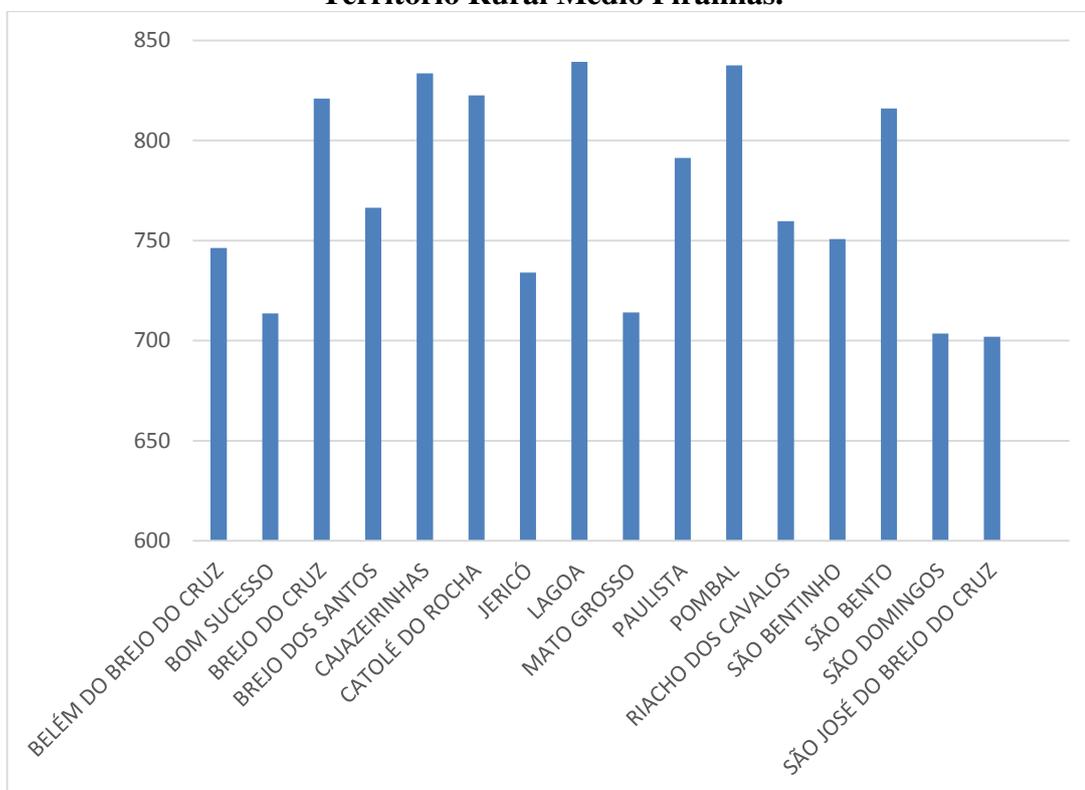
**TABELA 1 - Municípios pertencentes ao Território Rural Médio Piranhas, suas respectivas populações (urbanas e rurais) e área total.**

Município	Área (Km <sup>2</sup> )	População (Total)	População (Urbana)	%	População (Rural)	%
Belém do Brejo do Cruz	603,22	7143	5260	73,64	1883	26,36
Bom Sucesso	184,30	5035	2030	40,32	3005	59,68
Brejo do Cruz	399,65	13123	9898	75,42	3225	24,58
Brejo dos Santos	93,50	6198	4634	74,77	1564	25,23
Cajazeirinhas	287,12	3033	1000	32,97	2033	67,03
Catolé do Rocha	552,24	28759	21323	74,14	7436	25,86
Jericó	179,56	7538	4729	62,74	2809	37,26
Lagoa	177,45	4681	2304	49,22	2377	50,78
Mato Grosso	83,66	2702	1201	44,45	1501	55,55
Paulista	575,89	11788	5720	48,52	6068	51,48
Pombal	889,03	32110	25753	80,20	6357	19,80
Riacho dos Cavalos	264,48	8314	4025	48,41	4289	51,59
São Bento	195,93	30879	25040	81,09	5839	18,91
São Bentinho	247,26	4138	2845	68,75	1293	31,25
São Domingos	168,01	2855	994	34,82	1861	65,18
São José do Brejo do Cruz	253,66	1684	958	56,89	726	43,11
Território Rural do Médio Piranhas	5154,96	169980	117714	69,25	52266	30,75

**Fonte: Dados sobre população através do censo Demográfico de 2010 do IBGE e as informações sobre a área gerados a partir do software QGIS.**

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima local é o BSh, quente e seco, contendo longos períodos de seca e chuvas concentradas em poucos meses do ano e um padrão alto de variabilidade interanual, característica de regiões semiáridas. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2013), esse fato provoca a variação entre os anos de prolongada escassez hídrica (que resultam em secas) e os anos de pluviosidade intensa (que podem resultar em enchentes e inundações (ver gráfico 1).

**GRÁFICO 1 - Média de precipitação de chuva de 2000 a 2016 nos municípios do Território Rural Médio Piranhas.**



**Fonte: AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba).**

Pelo gráfico 1 percebe-se uma certa homogeneização da pluviosidade, no qual os municípios de Brejo do Cruz, Cajazeirinhas, catolé do Rocha, Lagoa, Pombal e São Bento possuem uma média de precipitação acima dos 800 mm, com destaque para o município de Lagoa onde teve a maior média pluviométrica, com média de 839,29 mm de chuva. (AESAs, 2017)

Do lado oposto, ou seja, os municípios que se destacam com a menor média pluviométrica no Território Rural do Médio Piranhas, tem-se: Bom Sucesso, Jericó, Mato Grosso, São Domingos e São José do Brejo do Cruz, sendo este último o município com a menor média pluviométrica no território com apenas 701,96 mm de chuva (AESAs, 2017).

### **3.2 Procedimentos metodológicos utilizados**

Para a realização do presente trabalho, foi preciso adotar certos métodos de pesquisa para coletar dados e informações, tais como:

- Pesquisa bibliográfica em artigos científicos especializados na presente temática;
- Coleta de dados junto aos sites como Agência de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dentre outros.
- Tabulação e análise dos dados através de planilhas do tipo Microsoft Excel 2013
- Espacialização dos dados, indicadores e índices gerados na tabulação e análise através do software livre QGIS, versão 2.14.11;

### **3.3 Estruturas do Sistema de Indicadores de Vulnerabilidade utilizado na pesquisa**

A utilização de indicadores como ferramentas de apoio ao Planejamento e a Gestão de Políticas Públicas em todos os níveis é incontestável. Os indicadores são essenciais também para supervisionar o progresso nas distintas dimensões (GARCIA E GUERRERO, 2006). Ademais, esses indicadores também podem servir de alertas para a amenização ou prevenção de certos impactos, não só os ambientais, mas também econômicos e sociais oriundos de uma determinada atividade, fenômeno ou empreendimento.

Segundo Bellen (2007), os indicadores têm como principal objetivo quantificar e agregar conhecimentos e dados de forma que a sua magnitude fique mais evidente. Bellen completa afirmando que os indicadores simplificam as informações sobre fenômenos complexos, sempre visando a melhoria no processo de comunicação.

Assim sendo, para um desenvolvimento ainda mais sustentável, entram os indicadores socioambientais, cujo objetivo é de incrementar uma maior consciência a respeito das consequências da problemática ambiental e do desenvolvimento (GROSSO, 2013).

O estudo multivariado de um sistema de indicadores socioambientais adquiridos a partir de Censos Demográficos tem sido uma das maneiras mais utilizadas para o discernimento das regiões que formam um mosaico (PAIM, 1997).

No presente estudo, foram estabelecidos os indicadores em questão, com base na realização de um *check-list* de Indicadores de Vulnerabilidade Socioambiental voltados a períodos de seca na área em análise e que estão representados no quadro 1.

A estrutura do Sistema de Indicador de Vulnerabilidade Socioambiental adotado neste trabalho divide-se em atributos ou dimensões da Vulnerabilidade, tais como: Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa, bem como nos indicadores que cada atributo possui. No total são três atributos e 15 indicadores.

**Quadro 1 - Estrutura do Sistema de Indicador de Vulnerabilidade Socioambiental**

ATRIBUTO DA VULNERABILIDADE	DEFINIÇÃO DOS INDICADORES
Exposição	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Índices pluviométricos;</li> <li>- Índice de aridez;</li> </ul>
Sensibilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- População Rural (%);</li> <li>- Analfabetismo; (%)</li> <li>-Número de Estabelecimentos em Agricultura familiar (%);</li> <li>- Domicílios Particulares Permanentes cujo a renda per capita é até um salário mínimo (%);</li> <li>- PIB Agropecuário (%);</li> <li>- PIB Industrial (%);</li> <li>- PIB Serviços (%).</li> </ul>
Capacidade Adaptativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recursos investidos pelo governo no combate à seca via abastecimento por carros pipas;</li> <li>- Forma de abastecimento dos municípios (% rede geral, % poços, % carros pipa, % cisternas e % outra forma);</li> <li>- Presença de Adutoras;</li> <li>-Estabelecimentos cujo produtor participa de associação cooperativa e entidade de classes (%);</li> <li>-Estabelecimentos cujo produtor é proprietário da terra e faz parte do “Agricultura Familiar” (%);</li> <li>-Estabelecimento cujo o dirigente sabe ler e escrever (%).</li> </ul>

**Fonte: Elaboração própria com base no *check-list* realizado (2017).**

### 3.3.1. Dimensão Exposição

#### 3.3.1.1 – Índices pluviométricos

Os dados de precipitação pluviométricos do ano de 2000 e 2016 dos municípios do Território Rural do Médio Piranhas, com exceção da cidade de Mato Grosso, o qual apresentava dados a partir de 2004, foram retirados do site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), os quais foram tabulados em uma planilha do Excel (2013), calculando assim, as médias aritméticas e os índices pluviométricos de cada município.

Após tabulados os dados pluviométricos em uma planilha do Excel (2013), calculou-se as respectivas médias aritméticas de cada município, de todos os anos registrados, obtendo-se assim, o índice pluviométrico de cada município.

É sabido que, quanto menos choveu em um município, maior será seu índice de vulnerabilidade. Portanto, quanto maior for a média de precipitação do município, menor será seu nível de vulnerabilidade para este indicador.

#### 3.3.1.2 Índices de Aridez

A aridez é um aspecto de clima o qual relaciona a carência hídrica em que o grau de aridez de alguma região depende da fração de água resultante da precipitação de chuva e do decréscimo máximo de água por meio da evaporação e transpiração, ou evapotranspiração potencial (ETp).

Proposto pelas Nações Unidas, o índice de aridez é calculado através da fórmula representada pela equação 1.

$$IA = \frac{Pr}{ETp} \quad \text{Equação 1}$$

Onde IA representa o Índice de aridez, Pr corresponde a precipitação média anual e ETp é a evapotranspiração média anual.

O site da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) fornece dados sobre a Evapotranspiração potencial (ETp) de vários municípios do Brasil. Foi lá onde se houve a coleta de dados sobre a ETp dos municípios do Território Rural Médio Piranhas.

Porém, observou-se que vários municípios do Nordeste brasileiro não possuem postos pluviométricos e a grande maioria não tem estações meteorológicas, nesse sentido, para os municípios que não tinha dados, os mesmos foram estimados por meio da média aritmética dos municípios próximos que continham dados registrados sobre ETp.

Para cada município com informações ausentes, foi realizado uma média de 4 (quatro) Etp's de municípios próximos a este, desde que não seja um valor (média) já calculado, para não haver repetições de valores (médias). Também foi estabelecido que, ao menos três desses quatro municípios, tenha seus dados registrados no site da EMBRAPA, visto que pôde ter apenas 1 município já com a média calculada.

Em concordância com as Nações Unidas, a classificação climática de uma determinada localidade, utilizando o índice de aridez, segue aos seguintes critérios:

Hiper- árido	< 0,03
Árido	Entre 0,03 e 0,20
Semi- árido	Entre 0,21 e 0,50
Sub-úmido seco	Entre 0,51 e 0,65
Sub-úmido úmido	Entre 0,65 e 1,0
Úmido	> 1,0

Portanto, quanto maior o índice de aridez, mais úmido será o clima na região, ou seja, quanto maior o índice de aridez, menor será a exposição do município nesse contexto.

### **3.3.2 Dimensão Sensibilidade**

#### **3.3.2.1 População Rural (%)**

É sabido que o evento natural extremo seca afeta toda uma região envolvida por ela, seja na zona rural ou urbana. Porém, é importante salientar que a zona rural é mais afetada que a urbana, por inúmeros fatores, tais como: incertezas na produção de subsistência, desemprego, problemas de saúde nas famílias, como a desnutrição, bolsões de pobreza e

miséria, dentre outros. O Censo Demográfico 2010, disponível no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, registra a população rural de cada município do Território Rural Médio Piranhas e calculado a relação (em porcentagem) com a população total.

Assim, podemos demonstrar o quanto a população está sensível ao fenômeno seca a partir da quantidade da população rural encontrada em cada município. Ou seja, quanto maior for a porcentagem de pessoas que moram na zona rural, mais sensível está o município nesse aspecto.

### **3.3.2.2 Analfabetismo (%)**

Entende-se por analfabetismo o indivíduo incapaz de ler e/ou escrever, ou seja, com estado ou condição de analfabeto. O analfabetismo vem sendo um grande problema em diversos países, principalmente nos países subdesenvolvidos que padecem com altos índices de analfabetismo pelo qual não contribui para desenvolvimento estrutural e econômico da sociedade daquele país (SILVA, 2017).

A taxa de analfabetismo neste presente trabalho foi considerada a partir da porcentagem de habitantes de cada município, em relação a sua população total, com 10 anos ou mais, que não sabem ler ou escrever no idioma que conhecem (língua portuguesa). Para isso, foi utilizado como fonte o Censo Demográfico 2010, disponibilizado no bando de dados do site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

O analfabetismo foi considerado como um indicador de sensibilidade neste estudo pois uma pessoa analfabeta tem seu futuro comprometido por não ser qualificada para vários empregos dignos para seu sustento. Ficando, na maioria dos casos, a agricultura de subsistência. Atividade esta, que em um período de seca, fica bastante vulnerável. Portanto, quanto maior for a taxa de analfabetismo da população do município, maior será a sua sensibilidade neste entendimento.

### **3.3.2.3 Número de Estabelecimentos em Agricultura familiar (%)**

Agricultura familiar pode ser definida como a agricultura cujo o cultivo de terra é realizado por pequenos proprietários rurais, tendo a gestão da propriedade compartilhada pela família. Neste processo a atividade agropecuária é a principal fonte de renda (IPEA, 2011).

Para Morton, as populações associadas à agricultura familiar ou a de subsistência estão mais suscetíveis às mudanças climáticas como a Seca. Ou seja, quanto maior for a taxa de estabelecimentos em agricultura familiar, relacionado com o número total de estabelecimentos, em um município, maior será o nível de sensibilidade do município nesse sentido. A região Semiárida nordestina é um bom exemplo disso, pois existe uma grande quantidade de agricultores em agricultura familiar.

Para isso, foi feita uma coleta de informações, através do Censo Agropecuário de 2006, disponibilizado no banco de dados do site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) a partir da tabela 1109 do SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática). Esta taxa foi calculada a partir da porcentagem de estabelecimentos em agricultura familiar em relação ao total de estabelecimentos contida em cada município.

#### **3.3.2.4 Domicílios Particulares Permanentes cujo a renda per capita é até um salário mínimo (%)**

Segundo a ADVNF, 2017 (Portal de investimentos em ações da bolsa de valores do Brasil) o salário mínimo surgiu no Brasil por volta da década de 1930. A Lei nº 185 de janeiro de 1936 e o Decreto-Lei nº 399 de abril de 1938 regulamentaram a instituição do salário mínimo, e o Decreto-Lei nº 2162 de 1º de maio de 1940 fixou os valores do salário mínimo, que passaram a vigorar a partir do mesmo ano.

O salário mínimo condiz na forma de pagamento monetário mínima, definido por lei, que um trabalhador deve receber em uma empresa por prestar seus serviços. Porém, como já dito anteriormente neste trabalho, é sabido que existe uma grande quantidade de agricultores em agricultura familiar ou de subsistência na região semiárida do Nordeste, onde a renda deste, pode ser inferior a um salário mínimo.

Assim sendo, por meio do Censo Agropecuário de 2006 disposto no banco de dados do site do IBGE, a partir da tabela 3261 do SIDRA, foi permitido coletar a quantidade de domicílios particulares permanentes, de cada município, cujo rendimento nominal mensal domiciliar per capita é até um salário mínimo, fazendo relação com a quantidade total de domicílios particulares permanentes de cada município. Obtendo-se assim, a taxa de domicílios Particulares Permanentes cujo a renda per capita é até um salário mínimo (%).

### 3.3.2.5 PIB Agropecuário, Industrial e de Serviços (%)

O Produto Interno Bruto (PIB) é o somatório das riquezas produzidas por um país. Trata-se de um índice para descobrir como anda a atividade econômica em um determinado local. O PIB é dividido em três setores: primário (agropecuário), secundário (indústrias) e terciário (serviços).

Para o presente trabalho, foi calculado a percentagem de cada setor do PIB, em cada município. As equações 2, 3, 4 e 5 a seguir mostram de maneira mais detalhada de como foi feito esse processo.

$$PIB_t = PIB_a + PIB_i + PIB_s \quad \text{Equação 2}$$

$$PIB_a (\%) = \frac{PIB_a * 100}{PIB_t} \quad \text{Equação 3}$$

$$PIB_i (\%) = \frac{PIB_i * 100}{PIB_t} \quad \text{Equação 4}$$

$$PIB_s (\%) = \frac{PIB_s * 100}{PIB_t} \quad \text{Equação 5}$$

Onde,

PIB<sub>t</sub> = Produto Interno Bruto Total;

PIB<sub>a</sub> = Produto Interno Bruto Agropecuário;

PIB<sub>i</sub> = Produto Interno Bruto Industrial;

PIB<sub>s</sub> = Produto Interno Bruto de Serviços.

### 3.3.2 Dimensão Capacidade Adaptativa

#### 3.3.3.1 Forma de abastecimento dos municípios (% rede geral, % poços, % carros pipa, % cisternas e % outra forma)

Através do Censo Demográfico 2010, disponibilizado no bando de dados do site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) pode-se obter dados sobre a forma de

abastecimento (por rede geral, poços, carros pipas, cisternas e/ou outra forma) dos domicílios particulares permanentes de cada município do Território Rural Médio Piranhas.

Assim, foi feita uma percentagem de cada forma de abastecimento dos domicílios particulares permanentes dos municípios, relacionada com a quantidade total de domicílios particulares permanentes. Ao somar todas essas percentagens, obteve-se o índice em questão.

Quanto maior foi esse índice, maior será a capacidade adaptativa do município nesse contexto, pois estará mostrando que o município tem várias opções de abastecimento de água, muito importante para se enfrentar um evento extremo da seca.

### **3.3.3.2 Presença de Adutoras**

É importante saber se o município apresenta adutoras internas. Pois nem todo município do Território Rural Médio Piranhas contém. Adutora é uma estrutura que faz parte da rede de abastecimento de água, tem o objetivo de transportar água que esteja em um reservatório até ao local onde vai ocorrer o seu tratamento. Também pode ocorrer o transporte da água entre dois reservatórios, que vão abastecer um determinado lugar.

Portanto, se o município apresentar adutora em sua cidade, ele estará mais apto a enfrentar à seca em relação aos que não apresentam. Ficou estabelecido como “meio termo” os municípios que não apresentam adutoras, mas apresentam outra maneira de captação de água, como foi o caso do município de Pombal e Paulista.

### **3.3.3.3 Estabelecimentos cujo produtor participa de associação cooperativa e entidade de classes (%)**

O cooperativismo e associativismo é relevante no quesito capacidade adaptativa pois está relacionado tanto na ganha de escala de produção para inserção no mercado como ao ingresso às políticas públicas. O fato do produtor de um estabelecimento fazer parte de associação, cooperativa ou entidade de classes é bastante importante, pois eles têm mais acesso a benefícios como seguros agrícolas e aposentadorias (IPEA, 2011).

Para este tópico, foi coletado dados através do Censo Agropecuário de 2006, disponibilizado no banco de dados do site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) a partir da tabela 854 do SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática).

Dessa forma, foi feita uma relação (em %) do total de estabelecimentos de cada município, cujo produtor participa de associação cooperativa e entidade de classes com o total de estabelecimentos de cada município. Assim, quanto maior for o valor encontrado, maior será a capacidade adaptativa do município neste quesito.

#### **3.3.3.4 Estabelecimentos cujo produtor é proprietário da terra e faz parte do “Agricultura Familiar” (%)**

Foi feito um levantamento de números de estabelecimentos que além de fazerem parte do “Agricultura Familiar” o produtor do estabelecimento é também o proprietário da terra. Assim, pôde-se calcular uma taxa (%) relacionada com o total de estabelecimentos de cada município.

Essas informações foram coletadas a partir do Censo Agropecuário de 2006, disponibilizado no banco de dados do site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

#### **3.3.3.5 Estabelecimentos cujo o dirigente sabe ler e escrever (%)**

Saber ler e escrever são condições fundamentais para que o produtor tenha sua independência ao acesso às informações necessárias, que estão disponíveis em meios de comunicação, seja escrito ou eletrônico. Além disso, o fato do produtor saber ler e escrever vai instrumentá-lo ao exercício da sua cidadania, com desdobramentos que podem proporcionar a ele uma melhor capacidade adaptativa em um período de secas (IPEA, 2011).

A relação neste tópico (em %), foi feita a partir do número de estabelecimentos, cujo o dirigente (proprietário, assentado sem titulação definida, arrendatário, parceiro, ocupante ou produtor sem área) sabe ler e escrever, com o total de estabelecimentos de cada município.

Essas informações foram coletadas a partir do Censo Agropecuário de 2006, disponibilizado no banco de dados do site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

### 3.4 Normalizações dos indicadores

A adoção desse procedimento metodológico foi necessária devido ao fato de que os indicadores apresentam unidades diferenciadas. Alguns apresentam como unidade a porcentagem, outros um índice. Desta forma, foi realizado no presente trabalho, uma normalização de dados fundamentados na metodologia empregada por Souto Maior (2013), no qual os indicadores que compuseram seu estudo poderiam ter dois tipos de relação com a Vulnerabilidade: uma relação positiva – quando na medida em que a variável cresce, ela contribui para o aumento da Vulnerabilidade –, e outra negativa – quando na medida em que a variável cresce, ela contribui para diminuir a Vulnerabilidade.

Para os indicadores com relação positiva, tem-se a equação 6, para a relação negativa utiliza-se a equação 7. Lembrando que a normalização gerou um número que varia entre “0” zero e “1” um. Quanto mais próximo de zero, menos a vulnerabilidade e, o contrário, quanto mais próximo de um, maior será a vulnerabilidade socioambiental.

$$I = \frac{(M-x)}{(M-m)} \quad \text{Equação 6}$$

$$I = \frac{(x-m)}{(M-m)} \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

I = índice

x = valor

m = menor valor

M = valor máximo

No quadro 2 situa-se os indicadores classificados de acordo com sua situação ao sistema, se positivo ou negativo.

**QUADRO 2 – Estrutura do Sistema de Indicador de Vulnerabilidade Socioambiental com relação da variável.**

<b>ATRIBUTO DA VULNERABILIDADE</b>	<b>DEFINIÇÃO DOS INDICADORES</b>	<b>RELAÇÃO DA VARIÁVEL COM A VULNERABILIDADE</b>
Exposição	- Índices pluviométricos;	+
	- Índice de aridez;	+
Sensibilidade	- População Rural (%);	-
	- Analfabetismo (%);	-
	-Número de Estabelecimentos em Agricultura familiar (%);	-
	- Domicílios Particulares Permanentes cujo a renda per capita é até um salário mínimo (%);	-
	- PIB Agropecuário (%);	-
	- PIB Industrial (%);	+
	- PIB Serviços (%);	+
Capacidade Adaptativa	- Recursos investidos pelo governo no combate à seca via abastecimento por carros pipas;	+
	- Forma de abastecimento dos municípios (% rede geral, % poços, % carros pipa, % cisternas e % outra forma);	+
	- Presença de Adutoras;	+
	-Estabelecimentos cujo produtor participa de associação cooperativa e entidade de classes (%);	+
	-Estabelecimentos cujo produtor é proprietário da terra e faz parte da “Agricultura Familiar” (%);	+
	-Estabelecimento cujo o dirigente sabe ler e escrever (%).	+

**Fonte: Elaboração própria, 2017.**

### 3.5 Geração dos Índices das Dimensões da Vulnerabilidade e do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental

Para cada dimensão da Vulnerabilidade foi gerado um índice, dessa forma, o Índice de Exposição ( $I_e$ ) levou em consideração a média aritmética demonstrado na equação 8.

$$I_e = \frac{I_{plv} + IA}{2} \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

$I_e$  = índice de exposição;

$I_{plv}$  = índices pluviométricos;

$IA$  = índice de aridez.

Já o índice de Sensibilidade ( $I_s$ ) foi gerado a partir da média aritmética dos sete indicadores que fizeram parte do mesmo, apresentado na equação 9.

$$I_s = \frac{I_{pr} + I_{an} + I_{eaf} + I_{sm} + I_{piba} + I_{pibi} + I_{pibs}}{7} \quad \text{Equação 9}$$

Onde,

$I_s$  = índice de sensibilidade;

$I_{pr}$  = índice de população rural;

$I_{eaf}$  = índice de estabelecimentos em agricultura familiar;

$I_{sm}$  = índice de Domicílios Particulares Permanentes cujo a renda per capita é até um salário mínimo;

$I_{piba}$  = índice de PIB agropecuário;

$I_{pibi}$  = índice de PIB industrial;

$I_{pibs}$  = índice de PIB serviços.

O índice da última dimensão que compõe a Vulnerabilidade, a da capacidade Adaptativa ( $I_{cp}$ ) foi gerado a partir da média aritmética dos 6 indicadores que compuseram o mesmo, conforme a equação 10.

$$I_{cp} = \frac{I_{rec} + I_{abst} + I_{adu} + I_{ass} + I_{prop} + I_{alf}}{6} \quad \text{Equação 10}$$

Onde,

Icp = índice de capacidade adaptativa;

Irec = índice de recursos investidos pelo governo no combate à seca via abastecimento por carro pipa;

Iabst = índice de forma de abastecimento dos municípios;

Iadu = índice de presença de adutoras nos municípios;

Iass = índice de estabelecimentos cujo produtor participa de associação cooperativa e entidade de classes;

Iprop = índice de estabelecimentos cujo produtor é proprietário da terra e faz parte da “Agricultura Familiar”;

Ialf = índice de estabelecimento cujo o dirigente sabe ler e escrever.

Por fim, o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (Ivs) final foi calculado através da média aritmética dos índices de exposição (Ie), sensibilidade (Is) e capacidade adaptativa (Icp), como pode ser visualizado na equação 11.

$$Ivs = \frac{Ie+Is+Icp}{3} \quad \text{Equação 11}$$

Onde,

Ivs = índice de vulnerabilidade socioambiental;

Ie = índice de exposição;

Is = índice de sensibilidade;

Icp = índice de capacidade adaptativa.

### **3.6 Representações do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental**

A partir da obtenção de tais índices, foi possível a elaboração da Cartografia da Vulnerabilidade Socioambiental do Território Rural do Médio Piranhas no qual foram espacializados no software Quantum Gis (QGis) 2.14.11. Para a classificação do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental foi utilizado as seguintes classes de vulnerabilidades (quadro 3).

**Quadro 3 – Classificação e Representação dos Índices em Níveis de Vulnerabilidade Socioeconômica**

INDICE (0-1)	NÍVEL DE VULNERABILIDADE SOCIOECONÔMICA	COLORAÇÃO
1,0000-0,8001	Muito alto	
0,8000-0,6001	Alto	
0,6000-0,4001	Médio	
0,4000-0,2001	Baixo	
0,2000-0,0000	Muito baixo	

Fonte: Adaptado de Souto maior, 2013.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a geração da Cartografia da Vulnerabilidade Socioambiental do Território Rural do Médio Piranhas foi necessário a espacialização de cada Índice que compôs o Sistema: a) o Índice de Exposição; b) o Índice de Sensibilidade e; o Índice de Capacidade Adaptativa. Além da análise desses três índices, foi realizado a compilação dessas informações, no qual gerou o resultado da Vulnerabilidade Socioambiental, permitindo assim verificar a situação entre cada município em relação aos demais do Território Rural Médio Piranhas.

### 4.1 Índice de Exposição

Para a geração desse índice, foi necessária a utilização da Média de Precipitação e o Índice de Aridez (de acordo com a metodologia adotada pela ONU) de todos os municípios pertencentes ao Território Rural do Médio Piranhas.

De acordo com a tabela 2 o município de Lagoa foi o que apresentou as melhores variáveis, com uma precipitação média anual de 839,29 mm, uma Evapotranspiração Potencial anual de 1176 mm e um índice de aridez de 0,714, classificado como sub-úmido úmido.

Já a pior situação em relação as variáveis é o município de São José do Brejo do Cruz, com uma precipitação média anual de 701,96 mm, uma Evapotranspiração de 1562 mm e um índice de aridez de 0.449, sendo classificado como semiárido. Destaque também para o município de Pombal onde apresentou um maior valor de Evapotranspiração potencial, em relação aos demais municípios do TRMP, com 1744 mm e para o município de São Domingos onde teve seu índice de aridez inferior a todos os municípios do TRMP com o valor de 0.415 sendo classificado como semiárido.

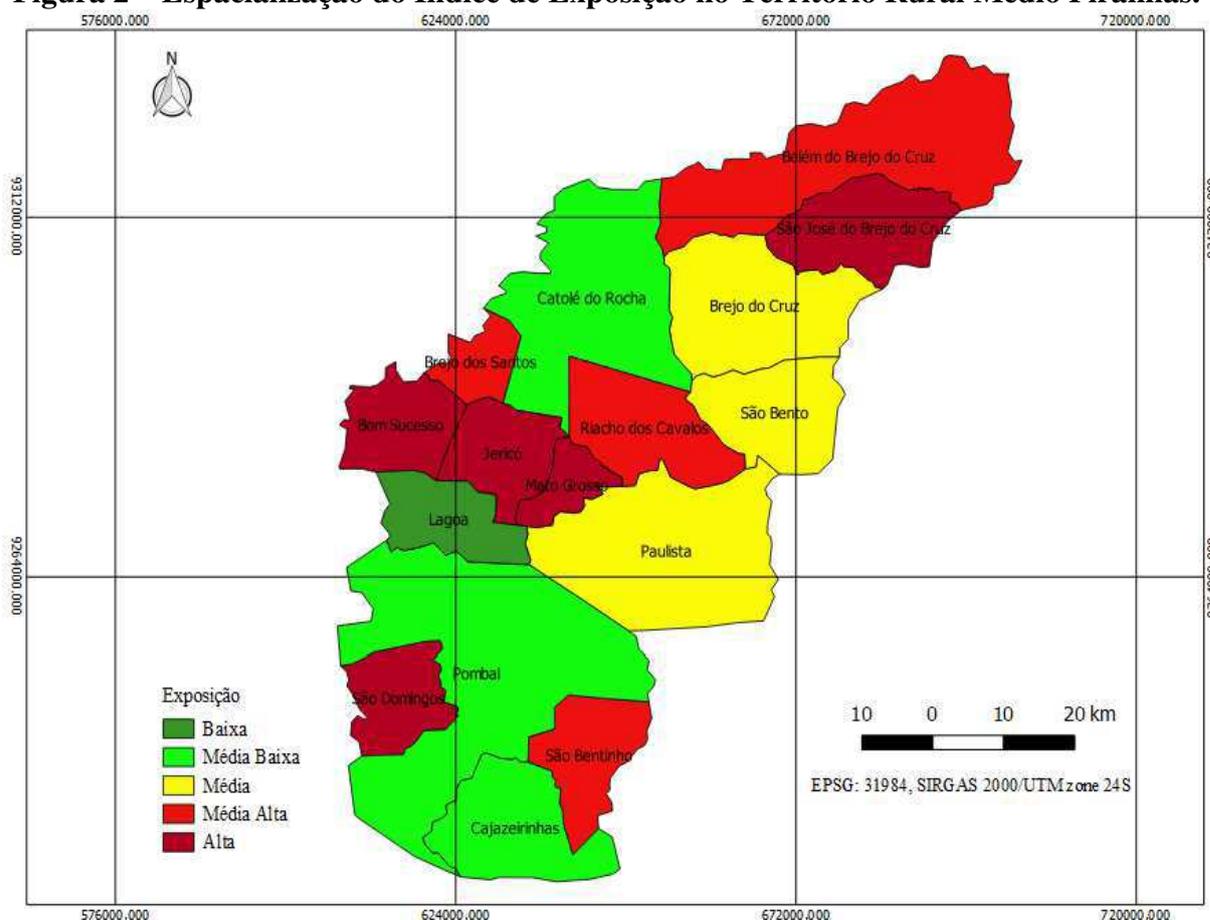
**TABELA 2 – Variáveis para o Índice de Exposição.**

Municípios	Média de Precipitação (mm)	Evapotranspiração Potencial (mm)	Índice de Aridez (IA)	Classe IA
BELÉM DO BREJO DO CRUZ	746,28	1571	0,475	Semiárido
BOM SUCESSO	713,57	1482,33	0,481	Semiárido
BREJO DO CRUZ	820,88	1648	0,498	Semiárido
BREJO DOS SANTOS	766,39	1523,75	0,503	Semiárido
CAJAZEIRINHAS	833,52	1546	0,539	Sub-úmido seco
CATOLÉ DO ROCHA	822,54	1598	0,515	Sub-úmido seco
JERICÓ	734,01	1673	0,439	Semiárido
LAGOA	<b>839,29</b>	<b>1176</b>	<b>0,714</b>	<b>Sub-úmido úmido</b>
MATO GROSSO	714,12	1561,13	0,457	Semiárido
PAULISTA	791,29	1424,5	0,555	Sub-úmido seco
POMBAL	837,54	<b>1744,00</b>	0,48	Semiárido
RIACHO DOS CAVALOS	759,6	1585,88	0,479	Semiárido
SÃO BENTINHO	750,74	1506,5	0,498	Semiárido
SÃO BENTO	816	1639,67	0,498	Semiárido
SÃO DOMINGOS	703,6	1694,5	<b>0,415</b>	<b>Semiárido</b>
SÃO JOSÉ DO BREJO DO CRUZ	<b>701,96</b>	<b>1562</b>	<b>0,449</b>	<b>Semiárido</b>

Fonte: Elaboração própria com dados coletados nos sites da AESA (2017), EMBRAPA (2017) e ONU (2017).

Para a contribuição da Cartografia da variável Exposição foi adotada a equação 8, vista na metodologia (página 36). As informações revelaram que o município de Lagoa apresentou o menor índice de exposição em relação aos demais municípios do TRMP, obtendo o valor 0 (zero). Já os municípios de Cajazeirinhas (0.3134), Catolé do Rocha (0.3942) e Pombal (0.3974) apresentaram índice de exposição médio baixo. Com índices médios, ficaram os municípios de Brejo do Cruz (0.4281), Paulista (0.4387) e São Bento (0.4466). Os municípios de Brejo dos Santos (0.6184), São Bentinho (0.6831), Riacho dos Cavalos (0.6833) e Belém do Brejo do Cruz (0.7384) obtiveram índices médio alto de exposição. Assim, restando os municípios de Jericó (0.8439), Bom Sucesso (0.8469), Mato Grosso (0.8850) e São José do Brejo do Cruz (0.9427) onde estes apresentaram nível alto de exposição. Esses valores podem ser observados na figura 2.

**Figura 2 – Espacialização do Índice de Exposição no Território Rural Médio Piranhas.**



Fonte: Elaboração própria com base em *shapefiles* fornecidos pelo IBGE (2017).

## 4.2 Índice de Sensibilidade

Para a geração desse índice, foi necessário a utilização das variáveis sobre População Rural (%), Analfabetismo (%), Número de Estabelecimentos em Agricultura familiar (%), Domicílios Particulares Permanentes cujo a renda per capita é até um salário mínimo (%), PIB Agropecuário (%), PIB Industrial (%) e PIB Serviços (%) de todos os municípios pertencentes ao Território Rural do Médio Piranhas (TRMP).

De acordo com a tabela 3 o município de Catolé do Rocha apresentou o menor índice de sensibilidade em relação aos demais municípios do TRMP, apresentando uma porcentagem de população rural de 25.86%, taxa de analfabetismo de 18.02%, porcentagem de Estabelecimentos em Agricultura Familiar de 85.43%, taxa de domicílios particulares permanentes com renda per capita até um salário mínimo de 82.53%, porcentagem do PIB Agropecuário, Industrial e Serviços de 5.86%, 15.82% e 78.33% respectivamente.

Já a pior situação em relação as variáveis é o município de São Domingos, obtendo um maior índice de sensibilidade quando relacionados com os outros municípios do TRMP, apresentando uma porcentagem de população rural de 65.18%, taxa de analfabetismo de 30.51%, porcentagem de Estabelecimentos em Agricultura Familiar de 83.39%, taxa de domicílios particulares permanentes com renda per capita até um salário mínimo de 88.73%, porcentagem do PIB Agropecuário, Industrial e Serviços de 17.53%, 3.83%, 78.64% respectivamente.

**TABELA 3 – Variáveis para o Índice de Sensibilidade.**

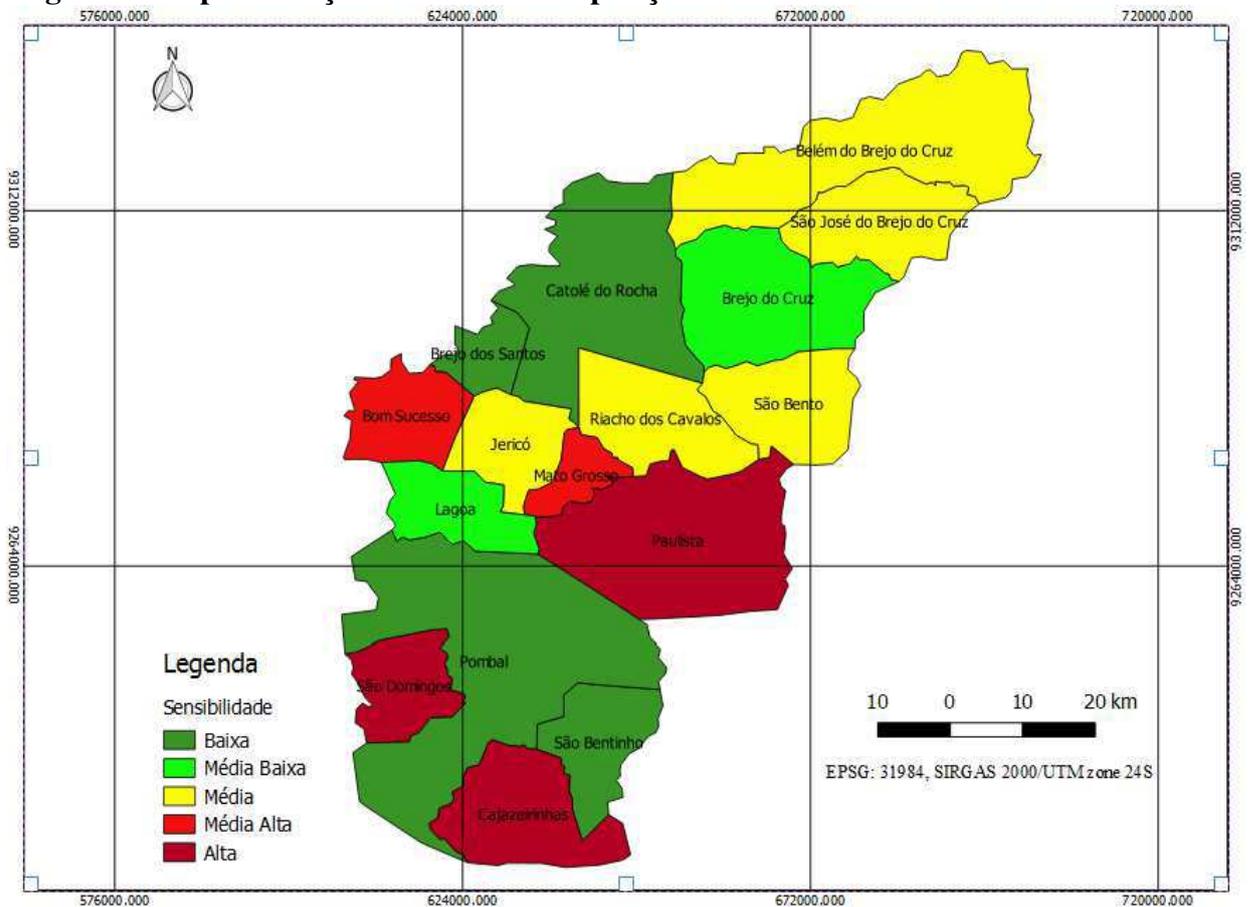
Município	População Rural (%)	Analfabetismo (%)	Estbl em Agric Fam (%)	Renda até 1 SM (%)	PIB Agr (%)	PIB Ind (%)	PIB Serv (%)
BELÉM DO BREJO DO CRUZ	26,36	29,36	68,80	81,94	16,16	4,51	79,33
BOM SUCESSO	59,68	24,45	86,65	88,17	10,65	5,43	83,92
BREJO DO CRUZ	24,58	24,35	76,60	85,78	8,65	8,37	82,98
BREJO DOS SANTOS	25,23	21,80	77,85	87,62	<b>5,65</b>	6,36	<b>88,00</b>
CAJAZEIRINHAS	<b>67,03</b>	25,85	81,69	87,74	19,62	4,03	76,35
CATOLÉ DO ROCHA	25,86	<b>18,02</b>	85,43	82,53	5,86	15,82	78,33
JERICÓ	37,26	22,18	84,29	89,04	13,36	6,25	80,39
LAGOA	50,78	26,55	89,01	<b>79,01</b>	9,20	4,72	86,09
MATO GROSSO	55,55	<b>31,35</b>	<b>91,71</b>	<b>90,82</b>	8,07	4,81	87,12
PAULISTA	51,48	25,03	87,59	88,37	<b>23,10</b>	7,85	<b>69,05</b>
POMBAL	19,80	20,54	82,65	82,66	11,23	12,95	75,82
RIACHO DOS CAVALOS	51,59	25,22	66,74	88,04	14,42	5,74	79,84
SÃO BENTO	<b>18,91</b>	25,90	68,40	85,33	3,76	<b>24,90</b>	71,34
SÃO BENTINHO	31,25	24,92	74,35	89,82	14,22	9,24	76,54
SÃO DOMINGOS	65,18	30,51	83,39	88,73	17,53	3,83	78,64
SÃO JOSÉ DO BREJO DO CRUZ	43,11	20,72	<b>55,70</b>	89,34	18,75	<b>3,60</b>	77,65

Fonte: Elaboração própria com dados coletados nos sites da IBGE (2017).

Para a Cartografia da Sensibilidade foi adotada a equação 9, vista na metodologia. As informações revelaram que o município de Catolé do Rocha apresentou o menor índice de sensibilidade em relação aos demais municípios do TRMP, obtendo o valor 0.3304, se enquadrando assim, na classificação de sensibilidade baixa, junto com os municípios de São Bentinho (0.3368), Brejo dos Santos (0.3895) e Pombal (0.4077) onde apresentaram sensibilidade baixa, em relação aos outros municípios do TRMP. Já os municípios de Lagoa (0.4342) e Brejo do Cruz (0.5081) obtiveram índices de sensibilidade médio baixo.

Apresentou sensibilidade média os municípios de Belém do Brejo do Cruz (0.5248), São José do Brejo do Cruz (0.5573), São Bento (0.5838), Jericó (0.5871) e Riacho dos Cavalos (0.5960). Os municípios de Bom Sucesso (0.6357) e Mato Grosso (0.7104) foram classificados com sensibilidade média alta. Destaque também para os municípios de São Domingos (0.8121), Paulista (0.8117) e Cajazeirinhas (0.7803) onde apresentaram sensibilidade alta, relacionados com os outros municípios do TRMP. Esses valores podem ser observados na figura 3.

**Figura 3 – Espacialização do Índice de Exposição no Território Rural Médio Piranhas.**



Fonte: Elaboração própria com base em *shapefiles* fornecidos pelo IBGE (2017).

### 4.3 Índice de Capacidade Adaptativa

Para a geração desse índice, foi necessário a utilização das variáveis; Recursos investidos pelo governo no combate à seca via abastecimento por carros pipas, forma de abastecimento dos municípios (% rede geral, % poços, % carros pipa, % cisternas e % outra forma), presença de adutoras, estabelecimentos cujo produtor participa de associação cooperativa e entidade de classes (%), estabelecimentos cujo produtor é proprietário da terra e faz parte do “Agricultura Familiar” (%) e estabelecimento cujo o dirigente sabe ler e escrever (%) de todos os municípios pertencentes ao Território Rural do Médio Piranhas (TRMP).

De acordo com a tabela 4 o município de Pombal obteve melhores resultados nesta variável, se enquadrando na classificação de capacidade adaptativa alta quando relacionados aos outros municípios do TRMP, apresentando as seguintes variáveis: recursos gastos pelos governo no combate a seca com abastecimento de carro pipa no valor total de 213000 mil reais, porcentagem de domicílios particulares permanentes com diferentes tipos de abastecimento de água de 86.87%, não contendo a presença de adutoras em seu município (mas apresentou uma forma da captação de água), taxa de estabelecimentos cuja o produtor participa de cooperativas, entidades, associação ou cooperativas e entidades de 128.45%, porcentagem de estabelecimentos cujo produtor é proprietário da terra e faz parte do Agricultura Familiar de 72.63% e porcentagem de Estabelecimento cujo o dirigente sabe ler e escrever de 53.66%.

Já a pior situação em relação as variáveis é o município de Riacho dos Cavalos, ficando com capacidade adaptativa baixa, em relação aos outros municípios do TRMP, apresentando as seguintes variáveis: recursos gastos pelos governo no combate a seca com abastecimento de carro pipa no valor total de 126000,00 mil reais, porcentagem de domicílios particulares permanentes com diferentes tipos de abastecimento de água de 81.66%, não contendo a presença de adutoras em seu município, taxa de Estabelecimentos cuja o produtor participa de cooperativas, entidades, associação ou cooperativas e entidades de 54.61%, porcentagem de Estabelecimentos cujo produtor é proprietário da terra e faz parte do Agricultura Familiar de 63.93% e porcentagem de Estabelecimento cujo o dirigente sabe ler e escrever de 52.02%.

**TABELA 4 – Variáveis para o Índice de Capacidade Adaptativa.**

Município/Ano	Rec Gastos (R\$)	Abastecimento (%)	Adutoras	Coop/Ass/Entid (%) *	Est Prop Agri Fam	Dirig ler e escrever
BELÉM DO BREJO DO CRUZ	140000,00	80,57	Sim	80,34	66,24	49,57
BOM SUCESSO	99000,00	98,74	Sim	121,91	79,60	60,45
BREJO DO CRUZ	223500,00	84,10	Sim	56,53	74,47	48,63
BREJO DOS SANTOS	92000,00	<b>99,29</b>	Sim	79,11	70,25	67,41
CAJAZEIRINHAS	192000,00	62,26	Não	109,30	66,86	65,99
CATOLÉ DO ROCHA	121000,00	97,00	Sim	104,86	67,00	65,50
JERICÓ	255000,00	93,45	Sim	112,38	<b>50,83</b>	53,60
LAGOA	171000,00	84,94	Sim	107,33	76,44	52,88
MATO GROSSO	171000,00	97,36	Sim	12,68	<b>80,98</b>	71,22
PAULISTA	<b>367000,00</b>	<b>71,77</b>	Não	34,52	64,51	56,20
POMBAL	213000,00	86,87	Não	128,45	72,63	53,66
RIACHO DOS CAVALOS	126000,00	81,66	Sim	54,61	63,93	52,02
SÃO BENTO	132000,00	90,59	Sim	49,06	63,21	54,72
SÃO BENTINHO	107000,00	87,07	Sim	<b>135,65</b>	70,43	62,61
SÃO DOMINGOS	<b>0,00</b>	78,79	Não	125,08	67,43	<b>48,21</b>
SÃO JOSÉ DO BREJO DO CRUZ	56000,00	86,97	Não	<b>7,59</b>	40,51	<b>84,81</b>

Fonte: Elaboração própria com dados coletados nos sites da IBGE (2017) e ANA (2017).

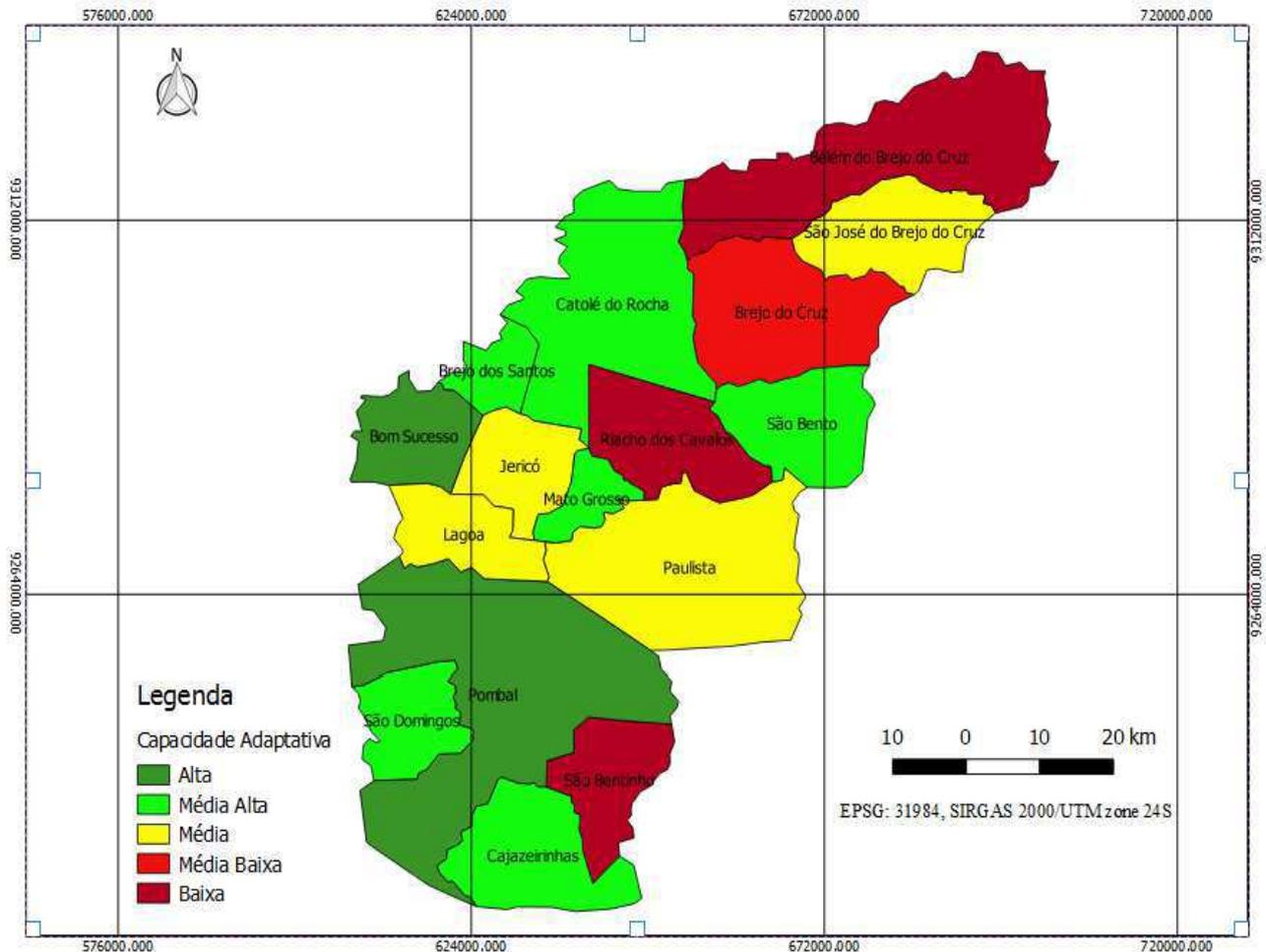
\*Estabelecimentos cujo o produtor participa de associação, cooperativa e entidade de classes.

\*\*Estabelecimentos cujo produtor é proprietário da terra e faz parte da “Agricultura Familiar”.

\*Estabelecimento cujo o diretor sabe ler e escrever.

Para a Cartografia da Capacidade Adaptativa foi adotada a equação 10, vista na metodologia. As informações revelaram que o município de Pombal apresentou o menor índice de Capacidade Adaptativa em relação aos demais municípios do TRMP, obtendo o valor 0.4258, se enquadrando assim, na classificação de capacidade adaptativa alta, junto com o município de Bom Sucesso que obteve índice de capacidade adaptativa de 0.4280. Com classificação de Capacidade Adaptativa média alta ficaram os municípios de Mato Grosso (0.4893), Catolé do Rocha (0.4975), Cajazeirinhas (0.5018), Brejo dos Santos (0,5037), São Bento (0.5181) e São Domingos (0.5461). Com capacidade adaptativa média ficaram os municípios de Lagoa (0.5499), Jericó (0.5919), Paulista (0.6029) e São José do Brejo do Cruz (0.6063). O município de Brejo do Cruz foi o único a se enquadrar na classificação de capacidade adaptativa média baixa com índice de 0.6275. Destaque para os municípios de Riacho dos Cavalos (0.7318), Belém do Brejo do Cruz (0.6970) e São Bentinho (0.6740) onde apresentaram capacidade adaptativa mais baixa, em relação aos outros municípios. Esses resultados podem ser observados na figura 4.

**Figura 4 – Espacialização do Índice de Capacidade Adaptativa no Território Rural Médio Piranhas.**



Fonte: Elaboração própria com base em *shapefiles* fornecidos pelo IBGE (2017).

#### 4.4 Índice de Vulnerabilidade Socioambiental

A partir dos três índices anteriores (Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa) pôde-se calcular o índice de vulnerabilidade de cada município do Território Rural Médio Piranhas (TRMP), através da média dos três índices, como foi mostrado na equação 11 na Metodologia deste trabalho.

Conforme a tabela 5 abaixo, o município de São Domingos apresentou um maior índice de vulnerabilidade, quando relacionado com os demais municípios do TRMP, apresentando índice de 0.7841. Enquanto o município de Lagoa obteve um menor índice de vulnerabilidade socioambiental em relação aos outros municípios do TRMP, com índice de 0.3527.

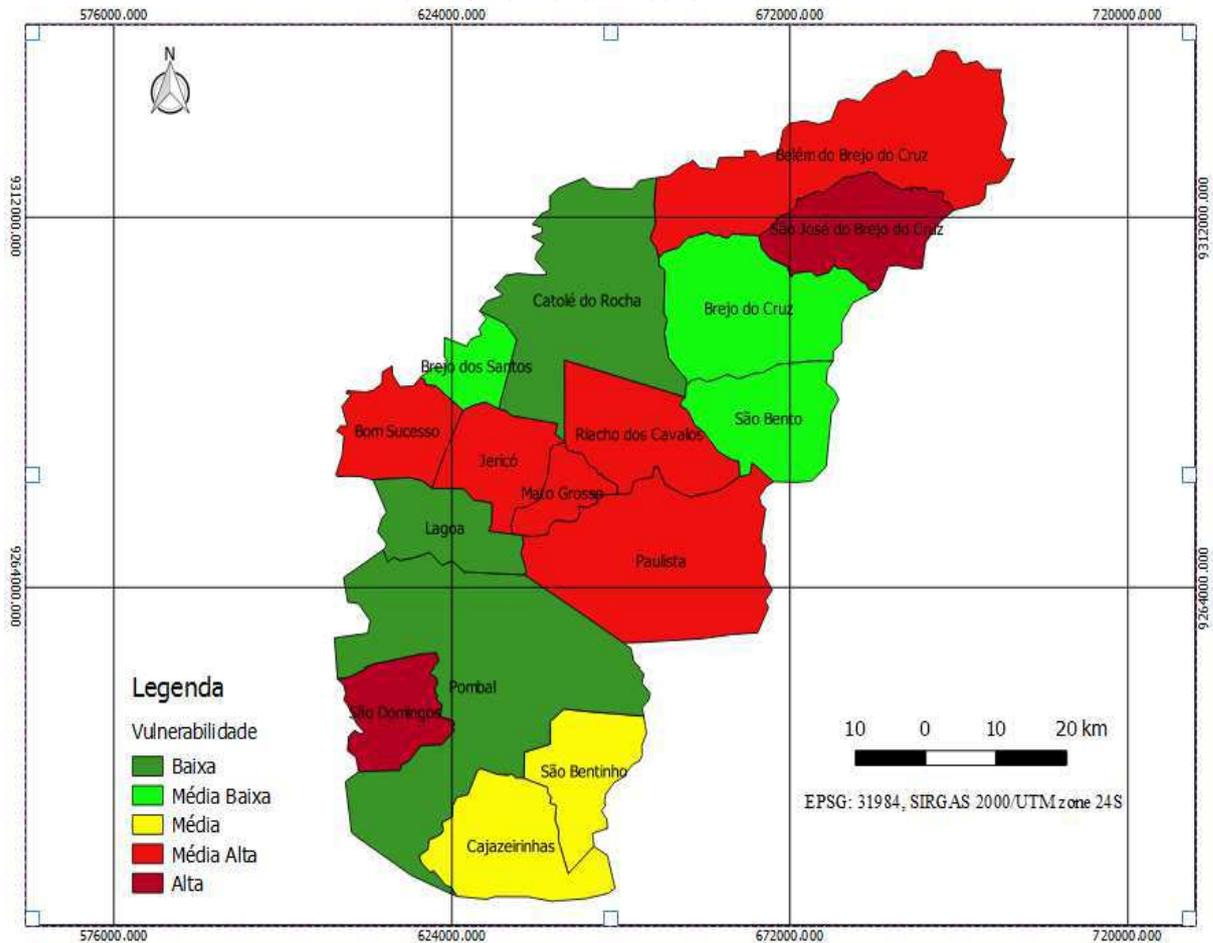
**Tabela 5 – Índices dos municípios do Território Rural Médio Piranhas.**

Município	Índice de Exposição	Índice de Sensibilidade	Índice de Capacidade Adaptativa	Índice de Vulnerabilidade
Belém do Brejo do Cruz	0,7384	0,5248	0,6970	0,6534
Bom Sucesso	0,8469	0,6357	0,4281	0,6369
Brejo do Cruz	0,4282	0,4342	0,6275	0,4966
Brejo dos Santos	0,6184	0,3896	0,5037	0,5039
Cajazeirinhas	0,3134	0,7804	0,5018	0,5319
Catolé do Rocha	0,3943	0,3305	0,4975	0,4074
Jericó	0,8439	0,5871	0,5919	0,6743
Lagoa	0,0000	0,5081	0,5499	0,3527
Mato Grosso	0,8850	0,7105	0,4893	0,6949
Paulista	0,4398	0,8116	0,6029	0,6181
Pombal	0,3975	0,4078	0,4258	0,4104
Riacho dos Cavalos	0,6833	0,5960	0,7319	0,6704
São Bentinho	0,6832	0,3369	0,6740	0,5647
São Bento	0,4467	0,5839	0,5181	0,5162
São Domingos	0,9940	0,8122	0,5462	0,7841
São José do Brejo do Cruz	0,9427	0,5573	0,6063	0,7021

Fonte: Elaboração própria com dados coletados nos sites da IBGE (2017), AESA (2017), EMBRAPA (2017), ONU (2017) e ANA (2017).

Os municípios de Lagoa (0.3527), Catolé do Rocha (0.4070) e Pombal (0.4104) ficaram enquadrados na classificação de vulnerabilidade baixa, quando relacionados com os outros municípios do TRMP. Brejo do Cruz (0.4966), Brejo dos Santos (0.5039) e São Bento (0.5162) apresentaram vulnerabilidade média baixa. Com vulnerabilidade média encontra-se os municípios de Cajazeirinhas (0.5319) e São Bentinho (0.5647). Os municípios de Paulista (0.6181), Bom Sucesso (0.6369), Belém do Brejo do Cruz (0.6534), Riacho dos Cavalos (0.6704), Jericó (0.6743) e Mato Grosso (0.6949) mostraram Vulnerabilidade Média Alta. Por fim, apresentando vulnerabilidade alta, encontra-se os municípios de São José do Brejo do Cruz (0.7841) e São Domingos (0.7021). Esses valores estão melhor representados na figura 5.

**Figura 5 – Espacialização do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental no Território Rural Médio Piranhas.**



Fonte: Elaboração própria com base em *shapefiles* fornecidos pelo IBGE (2017).

O presente estudo apresenta uma magnitude relevante para o desenvolvimento do TRMP, pois nele é apresentado um diagnóstico das condições sociais do mesmo, apontando quais municípios encontram-se em situações mais necessitadas. Conseqüentemente, com esse conhecimento, o poder público irá destinar uma maior quantidade de recursos para tentar minimizar os problemas de áreas com situações precárias, assim como aplicar outras medidas para mitigar e prevenir os impactos oriundos do evento extremo seca.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda que o evento natural extremo da seca seja já uma realidade nas regiões do semiárido, é preciso mais comprometimento do Governo e da população para mitigação, prevenção de gestão dos riscos da seca e não apenas na gestão de situação de crise.

Diante disso, foi necessário avaliar os níveis de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa de cada município do Território Rural Médio Piranhas (TR MP), através de um sistema de indicadores que mostrou a situação em que as cidades se encontram e assim, calcular o nível da Vulnerabilidade de cada uma delas.

Neste presente estudo foi adotada uma metodologia para cartografar os municípios do TR MP que estão mais ou menos expostos, sensíveis, adaptados e vulneráveis ao fenômeno natural da seca. Tendo ênfase em vulnerabilidade por ser o índice final do estudo, sendo calculado a partir da média aritmética dos índices de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa, sendo estes, por sua vez, calculados através de índices socioambientais.

Ou seja, o presente trabalho teve como principal objetivo é a construção de uma cartografia da vulnerabilidade socioambiental no Território Rural Médio Piranhas, na Paraíba, durante o período de seca. Uma análise de possíveis aspectos nos períodos de estiagem.

Com base na Cartografia da Vulnerabilidade Socioambiental, podemos chegar a conclusão que os municípios mais vulneráveis ao evento natural extremo da seca são os municípios de São José do Brejo Cruz e São Domingos, por apresentarem índices maiores de exposição e sensibilidade e capacidade adaptativa. Assim como, uma falta de planejamento e gestão do Governo e da população para enfrentar, mitigar e evitar tais impactos oriundos da seca.

O emprego das técnicas de geoprocessamento foi de suma importância para a realização do presente trabalho e vem sendo muito utilizado na modelagem de aspectos socioeconômicos e físicos, para a mitigação, prevenção e confrontação de manifestações de riscos, podendo ser tecnológicas, naturais ou mistos. Até propiciar para indivíduos com pouco entendimento sobre o assunto possa compreender a realidade em que região se encontra mediante a esse fenômeno, denominado de seca.

## REFERÊNCIAS

- ANA. **Agência Nacional das águas.** Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>. Acesso em fev. 2017.
- ADVFN. **Portal de investimentos em ações da bolsa de valores do Brasil.** Disponível em: <http://br.advfn.com/>. Acesso em 15 mar. 2017.
- AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba.** Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Acesso em fev. 2017.
- ADGER, W.N.; DESSAI, S.; GOULDEN, M.; HULME, M.; LORENZONI, I.; NELSON, D.R.; NAESS, L.O.; WOLF, J.; WREFORD, A. Are there social limits to adaptation to climate change? **Climatic Change**, v.93, p.335-354, 2009.
- ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **R. Bras. Est. Pop.**, São Paulo, v. 23, n. 1, p.43-59, jan/jun 2006.
- BHATACHARYA e DASS. **Vulnerability to drought, cyclones and floods in India.** Winrock International, India, September, 2007.
- CARDONA, *et. al.* **Arboleda. evacuación de la amenaza la vulnerabilidade y el riesgo.** 2012. Disponível em: <<http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc1057/doc1057-contenido.pdf>>. Acesso em 05 fev. 2017.
- CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, v. 20, n. 4, p. 529-539, 1996. doi:10.1177/030913259602000407 - A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, v. 93, n. 1, p. 59-70, jun. 2011.
- CUTTER, S. L.; BORUFF, J.; SHIRLEY, W. Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, v. 84, n. 2, p. 242-261, 2003. doi:10.1111/1540-6237.8402002.
- D'ALMEIDA M. R.; DA COSTA F. L. **VULNERABILIDADE, ADAPTAÇÃO E RISCO NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.** Mercator - Revista de Geografia da UFC, vol. 11, núm. 26, septiembre-diciembre, 2012, pp. 237-251. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil.
- EIRD. **Glossário da Estratégia Internacional de Redução de Desastres (EIRD – OPAS/OMS** Ginebra, Suíça, 2009. Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/omsambiental/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=293esid=15>>. Acesso em 16 fev. 2017.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Disponível em: <http://www.embrapa.br/>. Acesso em fev. 2017.

FREITAS, M. I. C.; CUNHA, L. Cartografia da vulnerabilidade socioambiental: convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil. **Urbe - Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 5, n. 449, p.15-31, jan/jun 2013.

GARCIA e GUERRERO. **Indicadores de sustentabilidad ambiental en La gestión de espacios verdes: Parque urbano Monte Calvário, Tandil, Argentina.** Rev. geogr. Norte Gd. jul. 2006, no.35, p.45-57.

GROSSO. **Indicadores Socioambientais:** em um modelo de representação espacial para o Estado de São Paulo. Presidente Prudente-SP, 2013. 186p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia [Orientador: Prof. João Lima S. Neto].

IBGE. Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate Change 2001: Mitigation.** Cambridge University Press, Cambridge, 2001b. Technical summary. p. 15-58.

IWAMA et al. **Risco, Vulnerabilidade e Adaptações às Mudanças Climáticas:** uma abordagem interdisciplinar. São Paulo, v. XIX, n. 2, 2016.

LINDOSO, D. P. **Vulnerabilidades e adaptação da vida às secas:** Desafios à sustentabilidade rural familiar nos semiáridos nordestinos. Brasília, 2013. 519p. Tese de Doutorado (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável). Universidade de Brasília, Brasília, 2013. [Orientador: Saulo Rodrigues Pereira Filho].

LOURENÇO, M. J. G. **Mapeamento de áreas susceptíveis ao estresse hídrico:** uma aplicação dos sistemas de indicadores de vulnerabilidade nos territórios do Vale do Piancó e Médio Piranhas. 2016. 57 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2016.

MARANDOLA Jr., E.; HOGAN, D. Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 14., 2004, Caxambu. **Anais...** Campinas: ABEP, 2004. Disponível em: <<http://www.abep.org.br>>. Acesso em: 23 jan. 2017.

MARENGO, J. A. et al. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro.** Campina Grande-PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. 40 p.

MOTTA et al. **Mudança do Clima no Brasil:** aspectos econômicos, sociais e regulatórios. Brasília: Ipea, 2011. 440p.: grafs, mapas, tabs.

MUSSI, C. S. **Avaliação da sensibilidade ambiental costeira e de risco à elevação média do nível dos oceanos e incidência de ondas de tempestade: um estudo de caso para a Ilha de Santa Catarina, SC.** Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental). Universidade do Vale do Itajaí. 75p. 2011.

OLIVEIRA, A. M. **Indicadores de Vulnerabilidades e risco socioambiental para prevenção e mitigação de desastres naturais na Bacia do rio Jari.** Alzira Marques Oliveira – Macapá: UNIFAP, 2011. 106 f. il.: 31cm.

PAIM, L.S. **Abordagens teórico - conceituais em estudos de condições de vida e saúde:** notas para reflexão e ação. In: BARATA, R.B., Condições de vida e situação de saúde. Rio de Janeiro: Abrasco, 1997.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC). **IPCC: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (Ed.)]. Geneva, Switzerland, 2007. 104 p.

PELLING.M. **Adaptation to Climate Change: From Resilience to Transformation**. New York: Routledge, 2010.

REBELO, F. **Geografia física e riscos naturais**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2010.

ROSENDO, E. E. Q. **Desenvolvimento de indicadores de vulnerabilidade à seca na região semiárida brasileira**. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa – PB, 2014.

SANTOS, A.S. **Vulnerabilidades socioambientais diante de mudanças climáticas projetadas no semiárido da Bahia**. Brasília, 2008. 153p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008. [Orientador: Prof. Saulo Rodrigues Filho, Dr.].

SOUTO MAIOR, M. M. **As Consequências do Processo de Transbordamento Urbano na Vulnerabilidade Socioambiental: Um Estudo Longitudinal no Município de João Pessoa – PB no Período de 1970 a 2010**. Tese de Doutorado (Programa de Pós Graduação em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2013. [Orientador: Gesinaldo Ataíde Cândido]

TEIXEIRA, A.; L. MATIAS; R. NOAL e E. MORETTI (1995). **Qual a melhor definição de SIG**. Fator GIS – **A Revista do Geoprocessamento**, Ano 2, Nº 11, Outubro/Novembro/Dezembro-1995, p. 20-22.

TOMINAGA. L. K. Análise e Mapeamento de Risco In: TOMINAGA. L. K; SANTORO, J; AMARAL, R. (Orgs.) **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, p. 147-160. 2009.

UN-ISDR – International Strategy for Disaster Reduction. 2009. **Terminology on disaster risk reduction**. Disponível em <http://www.unisdr.org>. Acesso em fevereiro de 2017.

VAN BELLEN, H.M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro, FGV: 2007.