



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DEMOGRAFIA**

**IZABELLY CRISTINA MENDES TINOCO**

**DOIS ESTUDOS REGIONAIS SOBRE PERFIS POPULACIONAIS: TIPOLOGIA  
SOCIODEMOGRÁFICA E ÍNDICE SOCIOECONÔMICO DE  
VULNERABILIDADE À SECA.**

**NATAL/RN**

**2014**

**IZABELLY CRISTINA MENDES TINOCO**

**DOIS ESTUDOS REGIONAIS SOBRE PERFIS POPULACIONAIS: TIPOLOGIA  
SOCIODEMOGRÁFICA E ÍNDICE SOCIOECONÔMICO DE  
VULNERABILIDADE À SECA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Demografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte das exigências para obtenção do grau de mestre em Demografia.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Paulo Sérgio Lucio

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup> Dra. Lára de Melo Barbosa

**NATAL/RN**

**2014**

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / SISBI / Biblioteca Setorial  
Centro de Ciências Exatas e da Terra – CCET.

Tinoco, Izabelly Cristina Mendes.

Dois estudos regionais sobre perfis populacionais: tipologia sociodemográfica e índice socioeconômico de vulnerabilidade à seca / Izabelly Cristina Mendes Tinoco.  
- Natal, 2014.

107 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Lucio.

Coorientadora: Profa. Dra. Lára de Melo Barbosa.

**Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Demografia.**

1. Demografia – Dissertação. 2. Mudanças climáticas – Dissertação. 3. Semiárido – Dissertação. 4. Susceptibilidade – Dissertação. 5. Método GoM – Dissertação. 6. Risco – Dissertação. 7. Probabilidade – Dissertação. I. Lucio, Paulo Sérgio. II. Barbosa, Lára de Melo. III. Título.

**TERMO DE APROVAÇÃO**

IZABELLY CRISTINA MENDES TINOCO

**DOIS ESTUDOS REGIONAIS SOBRE PERFIS POPULACIONAIS: TIPOLOGIA  
SOCIODEMOGRÁFICA E ÍNDICE SOCIOECONÔMICO DE  
VULNERABILIDADE À SECA.**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Demografia, Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pela seguinte banca examinadora:

Aprovada em : \_\_/\_\_/\_\_

---

Prof. Dr. Paulo Sérgio Lucio  
Orientador, UFRN.

---

Profa. Dra. Lára de Melo Barbosa  
Co-orientadora, UFRN.

---

Profa. Dra. Maria Helena Constantino Spyrides  
Membro Interno, UFRN.

---

Prof. Dr. Moises Alberto Calle Aguirre  
Membro Interno, UFRN.

---

Prof. Dr. Rosane Rodrigues Chaves  
Membro Interno a Instituição, UFRN.

---

Prof. Dr. Humberto Alves Barbosa  
Membro Externo, UFAL.

### ***Dedicatória***

*Dedico este trabalho aos meus pais e irmãos  
que sempre estiveram ao meu lado, incentivando.  
Vocês são a razão da minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por estar sempre presente em minha vida, iluminando minha caminhada, cuidando de meu espírito e me dando paz e força.

Aos meus pais Rejane e Heriberto, meus exemplos de vida, quem me acolhe, dando amor e carinho, ensinando-me os valores de mundo, quem me forneceu os ensinamentos da vida, dando-me apoio conselhos, educação e me acolhendo em seu colo, meu porto seguro.

Aos meus irmãos Íris e Heriberto Filho, família, o elo, eixo de tudo, fonte de inspiração para minha garra, amo vocês!

Aos meus amigos Júlio, Bruce, Thiago e Washington, muito obrigado por tudo, com o tempo, de simples colegas de faculdade, passei a respeitá-los e admirá-los.

As minhas grandes amigas, colaboradoras e parceiras, Patrícia e Pollyanne pela força e incentivo, nos momentos mais difíceis e árduos, vocês são importantes para mim, espero que nossa amizade seja eterna.

Ao Departamento de Demografia e Ciências Atuariais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, por me fornecer as ferramentas necessárias à minha formação científica. E ao Mário, secretário do PPGDEM, que sempre esteve disposto a ajudar no que fosse preciso.

À EMPARN, ao IBGE e ao Ministério da Saúde pelo acesso aos dados deste trabalho.

À CAPES/CNPq por estar sempre investindo em meu conhecimento científico.

Aos meus Professores, que me deram os ensinamentos necessários para hoje ser quem eu sou, em especial à Profa. Maria Helena Constantino Spyrides, quem me auxilia com sua paciência e sabedoria desde a época de graduação me fornecendo estrutura para o aprofundamento de meus conhecimentos científico-acadêmicos.

A Professora Lára Barbosa pela contribuição com seus conhecimentos na construção desse trabalho.

A banca examinadora, e ao professor Cláudio Moisés do Departamento de Física Teórica e Experimental desta instituição, pelo fornecimento de materiais e disposição para tirar dúvidas da área de meteorologia bem como sua colaboração no exame de qualificação.

Ao meu Professor e Orientador Paulo Sérgio Lucio, uma homenagem especial, pois depositou em mim confiança e acreditou que esse trabalho poderia ser concluído. Sou grata a você por esse momento que estou conquistando agora. Os conhecimentos a mim passados foram preciosos e levá-los-ei pelo resto de minha vida. Tenho a certeza de que hoje, ao olhar para o passado próximo, percebo que algo mudou e que o crescimento científico caminha a passos largos. Obrigada por tudo o que você vem me transmitindo, contribuindo, assim, para este crescimento.

A todos vocês sou grata e deposito aqui minha consideração, carinho, respeito e admiração.

Tudo Posso Naquele que Me Fortalece (Filipenses 4:13).

Lembrar do Brasil sem pensar no Sertão  
É como negar o alicerce de uma construção  
Amar o Brasil sem louvar o Sertão  
É dar o tiro no escuro  
Da nossa nação.

Cantor e compositor: Vander Lee

Mesmo que o mundo insista em nos fazer desencantados, sem uma certa dose de  
encantamento não há criação que valha.

Cantor e compositor: Zeca Baleiro

## Resumo Geral

As mudanças climáticas podem ocasionar grandes consequências junto à população no que tange aos aspectos demográficos e socioeconômicos. Os extremos climáticos, tais como: enchentes, secas e desastres naturais, ocorridos nos últimos anos têm contribuído para prejuízos e danos à população. A utilização de indicadores de vulnerabilidade socioeconômica e demográfica corrobora para auxiliar na identificação das áreas ou grupos populacionais mais susceptíveis ao risco dos impactos da seca. Sendo assim, este estudo tem como objetivo construir um indicador socioeconômico de vulnerabilidade à seca para as microrregiões do Rio Grande do Norte (RN) como também identificar a tipologia da vulnerabilidade sociodemográfica dos municípios que compõem a Região do Semiárido do Brasil. Como estratégia metodológica, inicialmente, utilizou-se o método *Grade of Membership* com intuito de traçar uma tipologia sóciodemográfica dos municípios do Semiárido do Brasil. Para a construção do Indicador Socioeconômico de Vulnerabilidade à Seca (ISEVS), utilizou-se análise de componentes principais (ACP) considerando diversas variáveis socioeconômicas e demográficas. Para a tipologia o número de perfis que foram definidos foram 3 perfis, por serem bastante satisfatórios na interpretação dos grupos. Os resultados mostraram, em relação à tipologia sociodemográfica nos municípios considerados no estudo, que aqueles localizados nos estados da Bahia, Piauí e Alagoas apresentam características mais alarmantes de alta vulnerabilidade. Os municípios que se encontram nesse perfil apresentam baixas condições sociodemográficas. A respeito dos resultados referentes ao ISEVS, percebeu-se que as microrregiões do Médio Oeste, Seridó Ocidental e Litoral Nordeste apresentaram os mais elevados valores dos indicadores socioeconômicos de vulnerabilidade à seca em 2000. Em contrapartida, para o segundo momento considerado no estudo, 2010, Angicos, Seridó Ocidental, Baixa Verde e Litoral Nordeste foram as microrregiões com altos valores de ISEVS. Ressalta-se que a microrregião de Natal apresentou o menor ISEVS para os dois anos de estudo 0,18 e 0,46 em 2000 e 2010 respectivamente. Assim, pode-se concluir que tal microrregião apresentou o menor risco à seca, susceptibilidade baixa e uma boa capacidade adaptativa. Este estudo possibilitou identificar uma tipologia da vulnerabilidade sociodemográfica para região semiárida do Brasil, como também construir um indicador ISEVS para as microrregiões do estado do RN, a fim de subsidiar os gestores públicos para mitigação dos impactos da seca.

**Palavras-chave:** Mudanças Climáticas, Semiárido, Susceptibilidade, GoM, Risco, Probabilidade.

## Abstract

Climate change can cause major consequences on the population with respect to demographic and socioeconomic aspects. Weather extremes, such as floods, droughts and natural disasters of recent years have contributed to the loss and damage to the population. The use of indicators of socioeconomic and demographic vulnerability supports to assist in identifying areas or population groups most susceptible to the risk of drought impacts. Thus, this study aims to construct a socioeconomic indicator of vulnerability to drought for the microregions of Rio Grande do Norte (RN) as well as identify the type of socio-demographic vulnerability of municipalities that make up the Semi-Arid Region of Brazil. As a methodological strategy initially used the Grade of Membership method aiming to draw a typology of municipalities sociodemographic Semiarid Brazil. To construct the indicator Socioeconomic Vulnerability to Drought (ISEVS), we used principal component analysis (PCA) considering various socioeconomic and demographic variables. Typology for the number of profiles is 3 profiles were defined, to be quite satisfactory in interpreting groups. The results showed in relation to sociodemographic typology in municipalities considered in the study than those located in the states of Bahia, Piauí and Alagoas have more alarming features of high vulnerability, municipalities that are sesse profile are in this situation since they have low conditions sociodemographic. Regarding the results for the ISEVS, it was noticed that the micro-regions of the Midwest, Northeast and West Coast Seridó showed the highest values of the socioeconomic indicators of vulnerability to drought in 2000. Conversely, for the second time being in the study, 2010, Angicos, Western Seridó, Lower Green and Northeast Coast were micro regions with high values of ISEVS. It is noteworthy that the micro-Natal had the lowest ISEVS for two years of study 0.18 and 0.46 in 2000 and 2010 respectively. Thus, it can be concluded that such micro had the lowest risk of drought, low susceptibility and a good adaptive capacity. This study identified a typology of socio-demographic vulnerability to semiarid region of Brazil, but also build a ISEVS indicator for the state of micro-RN, in order, to subsidize public managers to mitigate the impacts of drought.

**Keywords:** Climate Change, semiarid, Susceptibility, GoM, Risk, Probability.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>VII</b>
LISTA DE ABREVIATURAS .....	XII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIII
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
<i>ARTIGO 1</i> .....	7
<i>ARTIGO 2</i> .....	7
CAPITULO 1.....	8
<i>ARTIGO 1</i> .....	8
RESUMO .....	8
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
2.1. <i>O Semiárido Brasileiro</i> .....	14
<b>2.2. FONTE DE DADOS</b> .....	15
2.3. <i>ANÁLISE ESTATÍSTICA</i> .....	17
<b>2.3.1. MÉTODO <i>GRADE OF MEMBERSHIP (GOM)</i></b> .....	17
<b>2.3.2. TESTE T PARA AMOSTRAS PAREADAS</b> .....	20
3. RESULTADOS.....	21
<b>3.1. DEFINIÇÃO DOS PERFIS</b> .....	22
4. CONCLUSÕES .....	30
5. REFERÊNCIAS.....	32
ANEXO .....	38
CAPÍTULO 2.....	45
ARTIGO 2 .....	45
RESUMO .....	45
1. INTRODUÇÃO .....	49
<b>1.2. REGIÃO NORDESTE</b> .....	51
<b>1.3. CLIMATOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE</b> .....	52
<b>1.4. VULNERABILIDADE SOCIOECONÔMICA</b> .....	56
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	58
<b>2.2. DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES DA FUNÇÃO DE VULNERABILIDADE SOCIOECONÔMICA, DIANTE DA ANOMALIA DE SECA</b> .....	60
<b>2.3. PREPARAÇÃO DOS DADOS</b> .....	60
<b>2.5. MÉTODO DE COMPONENTES PRINCIPAIS</b> .....	63

<b>2.6. FUNÇÃO ACUMULADA DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL .....</b>	<b>64</b>
<b>2.7. ANÁLISE DE CLUSTER.....</b>	<b>64</b>
3. RESULTADOS.....	66
4. CONCLUSÃO .....	81
5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS .....	83
6. REFERENCIAS.....	86
7. REFERENCIAS.....	91

## LISTA DE ABREVIATURAS

CCET Centro de Ciências Exatas e da Terra  
DATASUS Departamento de Informática do SUS  
EMPARN Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN  
GoM *Grade Of Membership*  
IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IDEMA Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente  
IDH-M Índice de Desenvolvimento Humano Municipal  
INMET Instituto Nacional de Meteorologia  
IPCC *Intergovernmental Panel on Climate Change*  
ISEVS Índice Socioeconômico de vulnerabilidade à seca  
MS Ministério da Saúde  
NEB Nordeste Brasileiro  
PNUD Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento  
PPGDEM Programa de Pós-Graduação em Demografia  
R-PROJECT Software Gratuito de Uso Estatístico para Projetos  
SEB Semiárido Brasileiro  
SPI *Standardized Precipitation Index*  
SUS Sistema Único de Saúde  
UFRN Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
VCAN Vórtice Ciclônico de Altos Níveis  
ZCAS Zona de Convergência do Atlântico Sul  
ZCIT Zona de Convergência Intertropical

## LISTA DE SÍMBOLOS

CA Capacidade Adaptativa

ES Extremo de seca

IB Índice de inundação brusca

IG Índice de inundação gradual

IS Índice de seca

ISEVS Índice socioeconômico de vulnerabilidade à seca

P1 Perfil extremo 1

P2 Perfil extremo 2

P3 Perfil extremo 3

PM12 Perfil misto do Perfil 1 com o 2

PM13 Perfil misto do Perfil 1 com o 3

PM21 Perfil misto do Perfil 2 com o 1

PM23 Perfil misto do Perfil 2 com o 3

PM31 Perfil misto do Perfil 3 com o 1

PM32 Perfil misto do Perfil 3 com o 2

R Risco à exposição

S Susceptibilidade

V Vulnerabilidade

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Vários estudos constataram que mudanças climáticas vêm ocorrendo nas últimas décadas. O entendimento deste fenômeno é importante, pois, os registros de extremos climáticos vêm mostrando grande impacto sobre a sociedade cada vez com maior frequência e intensidade, como as ondas de calor, ondas de frio, chuvas intensas e enchentes (MARENGO et al. 2009). Estas alterações podem estar associadas a diversos fatores: variabilidade natural do clima; mudanças no uso da terra (desmatamento e urbanização); aquecimento global devido ao aumento da concentração de gases de efeito estufa e aerossóis na atmosfera (BARCELLOS et al., 2009). O Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC) relata, em seu AR-5, que a temperatura média da superfície global continuará a elevar de 1,5°C a 2°C em meados do século XXI (IPCC, 2011).

Os extremos climáticos são fenômenos que provocam risco de morte, perdas materiais e causam outras consequências nas condições de vida da população (AMBRIZI, 2011). Os impactos considerados pelo governo brasileiro com preocupação, devido às mudanças climáticas, possuem efeitos diretos, como por exemplo o caso dos desastres naturais e indiretos devido à mudança na qualidade da água, do ar e dos alimentos e também através das perturbações no contexto social e econômico (PNUD, 2006; CORREA e COMIM, 2008).

As alterações climáticas também podem afetar a saúde da população, uma vez que podem, por exemplo, afetar na procriação de vetores que são influenciados pelo clima e transmitem doenças como: Dengue, Malária, Febre amarela e Leishmaniose; e doenças causadas pela má qualidade da água, tais como: Toxoplasmose, Leptospirose e diarreias agudas, ocasionando um aumento na mortalidade (CONFALONIERI, 2002).

Para Marengo (2010) a variabilidade das condições climáticas, afeta a população do semiárido em relação a várias esferas: agricultura, saúde e biodiversidade. Os problemas de saúde pública podem ainda se agravar nas regiões com grandes aglomerações urbanas (OLIVEIRA e ALVES, 2011), pois os efeitos da exposição de pessoas a poluentes atmosféricos são elevados, principalmente, quando ocorre alterações no clima. Os efeitos são em relação à asma, alergias, infecções bronco-pulmonares e infecções das vias aéreas superiores (sinusite), principalmente nos grupos populacionais mais susceptíveis que são crianças e idosos (BARCELLOS et al, 2009). Desta forma, a incapacidade dos indivíduos ou grupos, de enfrentar os riscos existentes no seu entorno pode ser entendida como vulnerabilidade (PADOIM e VIRGULIM, 2007).

As mudanças climáticas no Brasil, têm afetado todo o ciclo ambiental, tanto nos processos físicos (alteração no regime climático, elevação do nível do mar) como biológicos (ecossistemas naturais, extinção de espécies, proliferação de doenças e de pragas) (CAVALCANTI et al., 2009), sendo necessário um entendimento mais aprofundado sobre o impacto de causa-efeito destas mudanças climáticas na vulnerabilidade sobre a sociedade. Nobre et al. (2008) argumenta que a população brasileira é vulnerável às mudanças climáticas, principalmente ao considerar que a economia brasileira ainda tem forte dependência de recursos naturais não renováveis.

Segundo Barbieri e Confalonieri (2008), o Nordeste Brasileiro (NEB) apresenta características heterogêneas dentre ele, tanto no ponto de vista natural como econômico. Além disso, as mudanças climáticas na região podem acentuar as desigualdades nos processos socioeconômicos na região. Eventos extremos de precipitação e seca no NEB causam sérios prejuízos sociais e econômicos, pois milhares de pessoas são desalojadas de suas residências. Além disso, há também perdas irreparáveis de cultivos agrícolas decorrentes destes extremos (ANDRADE e LIMA, 2013).

O fenômeno da seca é o extremo climático mais constante no semiárido nordestino e as estatísticas mostram que os seus episódios ocorrem durante 18 a 20 anos a cada período de 100 anos (MARENGO, 2006).

Com um semiárido mais árido e com maior frequência de secas, a base de sustentação para as atividades humanas diminuirá, sendo provável que aumente o deslocamento da população para as cidades ou para as áreas onde seja possível desenvolver a agricultura irrigada (MARENGO, 2008).

A evaporação de água e as temperaturas elevadas, no semiárido nordestino, provocam a redução do nível da água dos lagos, açudes e reservatórios.

Na região a probabilidade de chuvas torrenciais concentradas e a frequência de dias secos é intensificada. Nesses casos, o abastecimento de água é reduzido, as atividades agrícolas e a geração de energia hidrelétrica em áreas povoadas ficam comprometidas (VIANA, 2013).

No tocante da fome, esta não é uma causa que decorre exclusivamente da seca, porém, a seca pode agravar a situação de fome das famílias que vivem em determinadas regiões onde a desigualdade social é significativa (CASTRO, 1980 *apud* FISCHER; ALBUQUERQUE, 2002).

Em um estudo realizado por Domingues et al. (2008), sobre os impactos das mudanças climáticas na economia da região do NEB, indicou-se que, potencialmente, haverá perdas econômicas no Nordeste, principalmente nas regiões mais pobres. Estas regiões podem

vivenciar “efeitos econômicos sobre a expansão do emprego tendendo a gerar impactos significativos nos fluxos migratórios, repercutindo, por exemplo, na forma de elevada pressão sobre serviços de infraestrutura urbana das metrópoles do Nordeste e de outras regiões do país”. Ainda segundo Domingues et al. (2008), alguns dos efeitos econômicos gerados devido às mudanças climáticas são sobre a produção e a distribuição da produção agrícola. Por exemplo, o aumento do custo de produção agrícola e da pecuária, eleva o custo dos insumos para o setor de alimentos e para o consumo das famílias. Deste modo, gera a queda da atividade econômica em vários setores, que acabam espalhando seu impacto no sistema econômico.

Segundo Feres et al. (2009) as mudanças climáticas impactarão de forma negativa nos níveis de produtividade de culturas como a do milho, da cana-de-açúcar, da soja, do fumo e do feijão. Algumas regiões, como o semiárido do Brasil, tendem a sofrer mais com a estiagem, situação que pode se agravar ao longo dos anos (MARENGO, 2008). O regime de chuvas no semiárido Brasileiro é irregular e escasso, com longos períodos de seca. Além das secas contínuas que perduram no sertão Nordestino, acarretando prejuízos no meio rural, nas atividades que são, baseadas na pecuária extensiva e em práticas tradicionais de uso do solo, são componentes que contribuem para o aumento da degradação ambiental no Nordeste brasileiro (RODRIGUES e VIANA, 2003).

O NEB no contexto da degradação ambiental é a região mais propensa à situação de vulnerabilidade por ser considerado um meio ambiente frágil, com áreas tropicais e semiáridas, é uma região com forte pressão demográfica, por praticamente 5 (cinco) séculos de povoamento. As atividades como Sobre pastoreio, Irrigação inadequada, Desmatamento ou queimada generalizada da cobertura vegetal, Mineração, Demanda de energia (lenha, carvão vegetal etc.), Urbanização, Cultivos excessivos, Crescimento populacional e o Desenvolvimento de culturas de exportação que não estão adaptadas ao clima e ao solo da região são processos que estimulam o processo de desertificação nesta região (RODRIGUES e VIANA, 2003). Segundo Nimer (1986), deserto, seca e desertificação possuem a mesma etimologia, mas são fenômenos diferentes, assim neste estudo será levada em consideração apenas a seca.

Os extremos de seca são fenômenos que ocorrem com maior frequência na região semiárida do país, porém os impactos causados são sentidos com maior intensidade em áreas com densidade populacional mais elevada, contudo a região do NEB mais especificamente o semiárido a frequência de secas chega a atingir 80% a 100% no ano. Para a região do semiárido, os modelos climáticos indicam o aumento da ocorrência e intensidade de períodos secos, decorrentes das mudanças climáticas (SILVA DIAS e MARENGO, 1999). Do ponto de vista

de climatológico, as áreas de maior incidência das secas são influenciadas por três fatores: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e os fenômenos El Niño e La Niña. Em anos de El Niño, as chuvas no semiárido diminuem, agravando o processo de seca. Estes eventos poderiam trazer consequências na redução da disponibilidade de recursos hídricos com impactos sobre a vegetação, a biodiversidade e atividades que dependem dos recursos naturais (MONTEIRO, 2007).

A condição de vulnerabilidade aos impactos das mudanças de tempo e outros desastres naturais é definida por Blaikie et al. (1994) como as características de um grupo ou de uma pessoa, com a capacidade de antecipar, lidar, resistir e se recuperar dos impactos de desastres naturais. Assim, os grupos sociais mais vulneráveis serão aqueles com maior exposição ao perigo. Os índices de seca tornam-se ferramentas importantes para obtenção de um diagnóstico mais preciso de sua dimensão nas regiões atingidas pelo fenômeno, onde os mais simples constituem somente variáveis meteorológicas, entretanto, os mais sofisticados associam a precipitação aos parâmetros sociais, econômicos, culturais, ambientais e políticos das populações e regiões atingidas (BYUN et al. 1999).

Em 2000 a Fundação Cearense de meteorologia - FUNCEME, propôs um indicador para o estado do Ceará. O índice FUNCEME de serenidade à seca (IFS), o qual além de contemplar a climatologia, também relacionava aspectos físicos do solo, econômicos, sociais, os riscos de perda da safra agrícola e a situação de abastecimento de água urbana e rural nos municípios (FUNCEME, 2000). Entretanto, o índice não foi implementado devido à sua complexidade na obtenção de dados e de difícil operação. Assim, torna-se necessário o desenvolvimento de novos indicadores que sejam de fácil acesso e construção.

CHANG (2013), elaborou um estudo para identificar o nível de vulnerabilidade a extremos climáticos no estado do Paraná, onde:

“Índice de Vulnerabilidade Socioeconômica – IVSEc procura traçar o perfil geral da vulnerabilidade socioeconômica da população de cada município no Estado, porém de forma mais específica, em relação a eventos climáticos extremos. Este índice – IVSEc é composto por indicadores relacionados às condições de vida das pessoas, tais como: renda, densidade populacional, condições habitacionais, acesso a serviços de saneamento básico, e escolaridade.”

O IVSEc foi criado baseado em uma média aritmética, onde para cada indicador (Renda, Densidade Populacional, condições habitacionais, saneamento básico e escolaridade) foi

atribuído um peso. Existem outros indicadores onde foram atribuídos pesos, citados por Silva (2014).

Os estudos de vulnerabilidade têm-se tornado importantes para a sociedade e para os gestores públicos. A vulnerabilidade das regiões pode estar relacionada aos aspectos físicos, biológicos ou socioeconômicos e demográficos. A desigualdade social é um dos fatores determinantes da vulnerabilidade aos extremos climáticos de uma população. A partir de indicadores de condições de vida, é possível correlacionar o quão susceptível essa população se encontra aos riscos causados pelos efeitos climáticos dependendo da capacidade de adaptação desses indivíduos a tais efeitos.

Para Ojima (2004), nos estudos demográficos, o risco ambiental torna-se uma abordagem importante visto que capta as relações de população e ambiente, “já que as categorias usuais para a análise demográfica nem sempre são capazes de revelar as consequências da deterioração ambiental/social”. Segundo Hogan (2005), a localização de favelas expõe a um aumento na incidência de doenças como a leptospirose e também de inundações sazonais, bem como a deslizamentos de terra provocados por chuvas fortes. Por exemplo, na região de Natal, em julho de 2014, o deslizamento de terra e abertura de cratera provocada pelas chuvas no bairro de Mãe Luiza.

Ainda segundo Hogan (2005) os desastres naturais têm sido estudados sob diversas perspectivas oferecendo elementos considerados importantes para a análise da vulnerabilidade de populações específicas. Por exemplo, Blaikie et al. (1994) investigam o acesso de recursos das populações em situação de risco. Os primeiros estudos sobre ambiente e população “refletiam uma visão da relação entre a mobilidade da população e o ambiente que encarava as questões ambientais como mais um fator a ser considerado na explicação da migração” (HOGAN, 2005).

As transformações demográficas ocasionadas pela transição demográfica, gerando alterações na estrutura etária da população brasileira, trazem mudanças sociais importantes que se refletem na capacidade de resposta aos impactos das mudanças climáticas. A população mais carente de recursos financeiros e de infraestrutura é potencialmente a mais prejudicada (CARVALHO e WONG, 2008).

Assim sendo, identificar as áreas de maior risco de vulnerabilidade socioeconômica é uma forma de fornecer subsídios aos órgãos públicos, por exemplo, a Defesa Civil, para o direcionamento de ações para mitigação e controle dos efeitos causados pelas mudanças climáticas na população.

Este trabalho tem como objetivo principal traçar a tipologia da vulnerabilidade sociodemográfica nos municípios da região do semiárido do Brasil, para os anos de 2000 e 2010, para conhecer o comportamento social e demográfico, com o propósito de analisar o quanto esta população se encontra susceptível à vulnerabilidade sociodemográfica. Por ser uma área bastante sensível no tocante das mudanças climáticas, sua economia de modo geral é fortemente dependente da agricultura de subsistência (MARENGO, 2010). Além disso, como estudo de caso, criar um indicador socioeconômico de vulnerabilidade à seca para as microrregiões do estado do Rio Grande do Norte, a fim de que seja possível identificar os locais susceptíveis aos impactos do desenvolvimento populacional e caracterizar suas relações com os efeitos da seca, para que os órgãos envolvidos neste processo possam mitigar ações para melhoria das condições de vida sobre a mesma, corroborando assim para a minimização dos efeitos da seca sobre a população da região do estudo.

Esta dissertação será composta por dois artigos. O primeiro propondo uma tipologia da vulnerabilidade sociodemográfica dos municípios da região semiárida do Brasil; o segundo com a construção do indicador socioeconômico de vulnerabilidade à seca para as microrregiões do Rio Grande do Norte para os anos de 2000 e 2010.

## ARTIGOS PRODUZIDOS

### ARTIGO 1

**Tipologia sociodemográfica dos municípios do Semiárido Brasileiro: uma abordagem via o método *Grade of Membership*.**

Izabelly C.M. Tinoco , Paulo Sérgio Lucio, Maria Helena C. Spyrides, Lára de Melo Barbosa

Este artigo teve como objetivo traçar a tipologia da vulnerabilidade sociodemográfica da população que vive na região semiárida.

### ARTIGO 2

**Índice socioeconômico de vulnerabilidade à seca da população do Rio Grande do Norte.**

Izabelly C.M. Tinoco , Paulo Sérgio Lucio, Maria Helena C. Spyrides, Lára de Melo Barbosa

Este artigo tem como objetivo criar um índice socioeconômico de vulnerabilidade à seca como também identificar as regiões que são mais vulneráveis.

## CAPITULO 1

### ARTIGO 1

#### **Tipologia sociodemográfica dos municípios do Semiárido Brasileiro: uma abordagem via o método *Grade of Membership*.**

Izabelly C.M. Tinoco , Paulo Sérgio Lucio, Maria Helena C. Spyrides, Lára de Melo Barbosa

Este artigo teve como objetivo traçar a tipologia da vulnerabilidade sociodemográfica da população que vive na região semiárida.

#### **Resumo**

O semiárido Brasileiro corresponde à região do Brasil que detém os piores indicadores de renda, saúde e educação. A presença da seca nesta Região é frequente e ocasiona vários problemas no âmbito social e econômico, afetando as atividades agrícolas e pecuárias. O objetivo principal deste trabalho é identificar uma tipologia da vulnerabilidade sociodemográfica à seca nos municípios do semiárido brasileiro, nos anos de 2000 e 2010. Neste trabalho, utilizaram-se dados de 2000 e 2010, coletados no Atlas de Desenvolvimento Humano (ATLAS, 2013) e do Sistema Único de Saúde (SUS) - Ministério da Saúde (Brasil, 2010). Para traçar os perfis utilizou-se a técnica *Grade of Membership e Teste t*. Constatou-se três perfis na tipologia dos municípios que compõem esta região: perfil 1 foi o que possuía as melhores condições sociodemográficas, caracterizado por uma tipologia de melhores condições ambientais, os mais altos índices de desenvolvimento humano e baixos níveis de pobreza, totalizando 258 municípios compreendidos no perfil extremo 1 e perfis mistos em 2000, em 2010 este perfil agregou 265 municípios do semiárido brasileiro. O perfil 2 foi caracterizado com medianas condições sociais, econômicas e demográficas, acumulando cerca de 49% dos municípios da região em 2000; perfil 3 retratou baixas condições ambientais, baixos índices de desenvolvimento humano e elevados níveis de pobreza, além de apresentar altas taxas de fecundidade. O perfil 3 compreendeu 306 municípios da região semiárida, sendo eles os mais alarmantes pertencentes aos estados da Bahia, Pernambuco, Alagoas e Piauí.

**Palavras Chave:** Desigualdade Social, Seca, Semiárido Brasileiro.

### **Abstract**

The Brazilian semi-arid region corresponds to the region of Brazil which has the worst indicators of income, health and education. The presence of drought in this region is common and causes various problems in the social and economic field, affecting the agricultural and livestock activities. The aim of this study is to identify a typology of socio-demographic vulnerability to drought in the municipalities of the Brazilian semi-arid, in 2000 and 2010. In this study, we used data of 2000 and 2010, collected in the Atlas of Human Development (ATLAS, 2013) and the Unified Health System (SUS) - Ministry of Health (Brazil, 2010). To trace the profiles, we used the method Grade of Membership (GoM) and Test t. It was found three profiles in the typology of municipalities that make up this region: The profile 1 is that having the best socio-demographic conditions, characterized by a typology of better environmental conditions, the highest levels of human development and low levels of poverty, totaling 258 municipalities in 2000, and 265 municipalities in 2010; The profile 2 was characterized by social, economic and demographic median conditions, totaling about 49% of the municipalities in the region in 2000; The profile 3 portrayed low ambient conditions, low levels of human development and high levels of poverty, while maintaining high fertility rates. Comprised 306 municipalities in the semi-arid region, the most alarming being owned by the states of Bahia, Pernambuco, Alagoas and Piauí.

**Keywords:** Social Inequality, Drought, Brazilian Semi-arid Region.

## Resumen

La región semiárida de Brasil corresponde a la región de Brasil, que tiene los peores indicadores de ingresos, salud y educación. La presencia de la sequía en esta región es común y causa varios problemas en el ámbito social y económico, que afecta a las actividades agrícolas y ganadería. El objetivo principal de este trabajo es identificar una tipología de la vulnerabilidad sociodemográfica a la sequía en los municipios de la región semiárida del Brasil, en 2000 y 2010. En este estudio, se utilizaron datos de 2000 y 2010, recogidos en el Atlas de Desarrollo Humano (ATLAS, 2013) y el Sistema Único de Salud (SUS) - Ministerio de Salud (Brasil, 2010). Para trazar los perfiles utilizados la técnica de Grado of Membership y prueba de la t. Se encontró tres perfiles en la tipología de los municipios que conforman esta región: Perfil 1 era que tenía las mejores condiciones sociodemográficas, caracterizado por una tipología de mejores condiciones ambientales, los más altos niveles de desarrollo humano y los bajos niveles de la pobreza, por un total de 258 municipios comprendido en el perfil extremo 1 y perfiles mixtos en 2000, en 2010 este perfil añadió 265 municipios de la región semiárida de Brasil. El perfil 2 se caracterizó con medianas de las condiciones sociales, económicas y demográficas, donde alrededor del 49% de los municipios de la región en el año 2000; Perfil 3 retratado condiciones ambientales bajas, los bajos niveles de desarrollo humano y los altos niveles de pobreza, mientras que el mantenimiento de altas tasas de fecundidad. El perfil 3 consta de 306 municipios de la región semiárida, con los cuales el más alarmante pertenecientes a los estados de Bahía, Pernambuco, Alagoas y Piauí.

**Palabras clave:** Desigualdad Social, sequía, Semiárido brasileño.

## 1. INTRODUÇÃO

O semiárido Brasileiro, também conhecido como sertão ou Nordeste Seco, é uma das regiões mais povoadas do mundo. É uma região que possui o bioma das caatingas, onde predomina-se temperaturas médias anuais constantes e elevadas. No entanto, essa é a região do Brasil com as maiores desigualdades sociais constatadas, apresentando os piores desempenhos nos indicadores de renda, saúde e educação quando comparados com a média nacional (AB'SÁBER, 1999, p.72-83).

Para RIBOT et al. (1996), a população rural do semiárido brasileiro em sua grande maioria vive em situação de vulnerabilidade, algumas vezes devido à degradação de terras e às condições climáticas dessas regiões. A falta de recursos humanos e financeiros torna limitada a capacidade de lidar e resistir ao perigo (FISCHER et al., 2002). Segundo WEHBE et al. (2005), uma população que vive da agricultura torna-se vulnerável no contexto das mudanças climáticas, quando não consegue lidar com diferentes eventos (secas severas por exemplo), assim a falta de capacidade adaptativa na agricultura pode indicar uma falha na sustentabilidade do sistema.

A principal fonte da economia na região do semiárido provém da pecuária extensiva e agricultura familiar com rendimento baixo, agravando-se nos períodos de seca, provocando falência de lavouras e animais. A falta de água ocasiona sede e fome na vida do sertanejo, além de problemas de saúde (MDS, 2014). É uma região que concentra o maior número de pessoas que vivem em situação de extrema pobreza.

De acordo com o Governo Federal, a pessoa é classificada nessas condições quando possui uma renda familiar *per capita* até  $\frac{1}{4}$  de salário mínimo. No país o número de pessoas que se encontram nessas condições é superior a nove milhões, dos quais 56,4% vivem no campo e 43,6% estão em áreas urbanas (IBGE, 2010).

Constata-se, por meio de dados divulgados no Relatório Nacional de acompanhamento (BRASIL, 2010), que nos últimos anos o número de pessoas que vivem em condições sub-humanas foi reduzido, entretanto, apesar desta redução ainda há muito que se preocupar pois a desigualdade social no país é considerada umas das mais acentuadas no mundo, e pode ter relação com a dificuldade de inserção no mercado de trabalho, disparidades no rendimento dos

trabalhadores, baixo nível de ensino, dentre outros fatores (BARROS et al., 2006; BARROS et al., 2007).

A situação de pobreza se agrava principalmente quando ocorrem extremos climáticos ou desastres naturais. Não só o ecossistema sofre diante dessas alterações climáticas, como também a produção de alimentos e a qualidade de vida da população (IPCC, 2007; MARENGO, 2007).

No contexto climático, a situação de vulnerabilidade emerge a um novo perfil demográfico, com novos padrões epidemiológicos, redistribuição da população e, conseqüentemente, reflete-se também na economia (BARBIERI, 2011). A vulnerabilidade sociodemográfica, de um modo geral, é uma:

síndrome na qual se conjugam os eventos sociodemográficos potencialmente adversos, a incapacidade para responder à materialização do risco e à inabilidade para adaptar-se ativamente ao novo quadro gerado pela mencionada materialização (VIGNOLLI, 2006, p.98).

No campo da demografia, a vulnerabilidade está associada à população que se encontra em grupos sociais mais vulneráveis segundo um conjunto de características demográficas tais como: idade, sexo e a área de residência (RODRIGUEZ, 2001). Para Hogan (2005) no contexto ambiental, as conseqüências da sua deterioração não são sentidas de forma igualitária entre os grupos sociais, nem de forma uniforme no território. Sendo assim, Ojima (2008) descreve que as populações mais atingidas vivem em áreas urbanas, pois nessas áreas a aglomeração de pessoas é mais elevada, causando assim uma exposição maior ao risco nas situações de extremos climáticos.

As baixas condições sociais, falta de atendimento das necessidades básicas e a baixa renda da população são fatores que podem contribuir para tornar as populações mais vulneráveis aos riscos causados pela seca. Desta forma, estas populações tornam-se incapazes de enfrentar situações causadas, pelos desastres naturais (secas/desertificação) que provocam diferentes efeitos sobre a população, principalmente, a fome e as doenças (MACEDO, 2008).

Outro aspecto relevante é a desigualdade social que gera uma situação de vulnerabilidade demográfica das pessoas, agravada por uma falta de infraestrutura das regiões (MOSER, 1998; VIGNOLLI, 2006). Para Bacci (1995), o perfil ou comportamento demográfico exerce um papel importante na capacidade de resposta das pessoas, em determinadas situações.

Segundo Baptista e Campos (2011), a seca na região semiárida possui o mesmo significado de desastre, ocasionando vários problemas sociais, econômicos e políticos, afetando principalmente as atividades agrícolas e pecuárias. Além disso, agrava a escassez de água para o consumo, provocando sede, fome e mortes por doenças, estimuladas por meio da ingestão de águas contaminadas.

"A incidência de doenças de veiculação hídrica associadas à má qualidade da água consumida por parte significativa da população do semiárido, especialmente a que reside nas zonas rurais e a precariedade ou inexistência de estruturas de tratamento de esgoto refletem-se, principalmente, nos indicadores de mortalidade infantil na região" (CIRILO et al., 2010, p.85).

De acordo com Silva (2006), uma alternativa que poderia impulsionar o desenvolvimento dessa região seria a implantação de políticas ambientais sustentáveis e sociais que contribuam para a melhoria do bem-estar da população que vive em situação de pobreza. No contexto climático, a situação de vulnerabilidade emerge a um novo perfil demográfico, com novos padrões epidemiológicos, redistribuição da população como também na economia (BARBIERI, 2011).

Segundo Januzzi e Pasquali (1999), os indicadores sociais e demográficos possuem utilidade na formação de políticas públicas, pois eles possibilitam conhecer a realidade social e o dimensionamento das carências de uma população. Estabelecer uma classificação que reflete a heterogeneidade no espaço geográfico, mostrando suas diferenças, não só em nível sociodemográfico, mas também econômico com o auxílio na implantação de políticas públicas para o desenvolvimento da região.

Diante disso, pretende-se, com este estudo, obter uma tipologia dos municípios da região do semiárido do Brasil considerando por meio de um conjunto de indicadores socioeconômicos e demográficos, com o objetivo de traçar uma tipologia da vulnerabilidade sociodemográfica com dados da população que habita na região do semiárido, nos anos de 2000 e 2010.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1.O Semiárido Brasileiro

O Nordeste Brasileiro sofre influência de vários mecanismos para a precipitação, devido sua grande área e localização. O principal mecanismo é a Zona de Convergência Intertropical, vórtice ciclônico de ar e frentes frias (ROUCOU et al., 1996). Enquanto no litoral do Nordeste é quente e úmido, a região semiárida é quente e seca (SILVA, 2004).

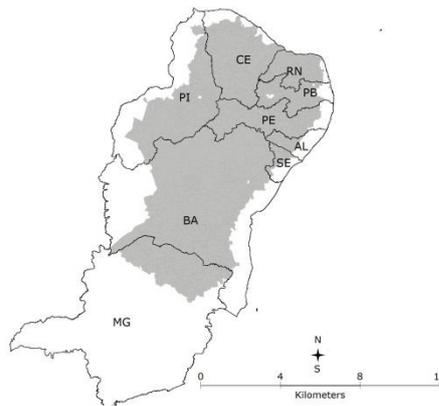
O Semiárido Brasileiro é formado por 09 (nove) Estados: Alagoas (AL), Bahia (BA), Ceará (CE), norte de Minas Gerais (MG), Paraíba (PB), Pernambuco (PE), Piauí (PI), Rio Grande do Norte (RN) e Sergipe (SE); composta por 1.133 municípios, que correspondem a 53% da área do Nordeste do Brasil (SUDENE, 2014).

A região semiárida é caracterizada pelo baixo regime pluvial e também por períodos prolongados de estiagem e secas severas (RAO, 1993). A seca nesta região causa efeitos de diferentes aspectos, seja no desemprego rural, fome, pobreza ou migração (MARENGO et al., 2011). Para Bates et al. (2008), as mudanças nos regimes hidrológicos provocam prejuízos em diversas comunidades da região, como salinização da água subterrânea que pode aumentar com o aumento da evapotranspiração. Assad e Pinto (2008), destacaram que o aumento da evapotranspiração devido à deficiência hídrica no solo pode causar um aumento maior no risco quando se insere o contexto das mudanças climáticas principalmente para a agricultura. O aumento de temperatura deverá diminuir o número de municípios com potencial agrícola nos anos de 2020, 2050 e 2070, prejudicando a segurança alimentar das populações que vivem nessa região.

A região semiárida brasileira é caracterizada por alta variabilidade pluviométrica e com espaços nos quais o balanço hídrico é negativo, resultado das precipitações médias anuais inferiores a 800 mm e temperaturas médias anuais variando entre 23 e 27°C (RAO, 1993; REIS e SOUSA, 2002; SANTANA, 2007).

As variabilidades temporais e espaciais das precipitações pluviométricas constituem uma característica marcante do clima da região Nordeste do Brasil, em particular sobre a porção semiárida, em que a irregularidade temporal e espacial das chuvas constitui fator relevante, se não mais, do que os totais pluviométricos sazonais propriamente ditos, em especial para a agricultura de sequeiro, que depende da manutenção da umidade do solo durante o período de cultivo (MARENGO et al., 2011, p.388).

Essa região ocupa uma área superficial de 969.589,4 km, sendo sua maior porção na região Nordeste e uma parte no norte de Minas Gerais (Figura 1), localizando-se na porção central da região. De acordo com informações apresentadas no Dossiê Nordeste Seco (NORDESTE, 1999), o semiárido brasileiro é o mais povoado do mundo e, em função de fatores climáticos associados a outros fatores históricos, políticos e sociais, abrigam a parcela mais frágil da população brasileira.



*Figura 1: Localização da região do Semiárido brasileiro.*

Devido à distribuição de chuvas no semiárido e à reduzida capacidade de retenção de água na maioria dos solos (JACOMINE, 1996), a agricultura familiar é altamente dependente da água de chuva, de sua captação e de seu armazenamento, uma vez que os rios apresentam regime temporário, com exceção do rio São Francisco.

## **2.2.Fonte de Dados**

Selecionaram-se 17 variáveis com o intuito de caracterizar o perfil sociodemográfico. Neste trabalho, utilizaram-se dados de 2000 e 2010, coletados no Atlas de Desenvolvimento Humano (ATLAS, 2013) e do Sistema Único de Saúde (SUS) - Ministério da Saúde (Brasil, 2010), dados esses que possuem como raiz os dados coletados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), conforme descritas abaixo:

- a) **Indicadores Ambientais:** os indicadores ambientais vêm sendo utilizados na avaliação de qualidade de vida, especialmente nas grandes cidades. Este indicador retrata a quantidade disponível dos recursos naturais, como estes estão sendo utilizados e os resíduos que são gerados em relação ao seu consumo (JANUZZI, 2001). Para isto,

utilizou-se o percentual (%) de domicílios com: água encanada, coleta de lixo, energia elétrica, abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados.

- b) **Indicadores Educacionais:** descrito por meio da taxa de analfabetismo, indicador que retrata o nível de subdesenvolvimento socioeconômico, de acordo com JANUZZI (2001). Este indicador é calculado a partir da relação entre o número de indivíduos que não sabem ler e/ou escrever pela população de 15 anos ou mais a cada 100 habitantes.
- c) **Indicadores demográficos:** Taxa de Fecundidade Total, retrata o número médio de filhos que uma mulher deverá ter ao terminar o período reprodutivo (15 a 49 anos de idade) em um determinado espaço geográfico. Também foram utilizadas variáveis de Razão de Dependência (Valores elevados indicam que a população em idade produtiva deve sustentar uma grande proporção de dependentes, o que significa consideráveis encargos assistenciais para a sociedade) e percentual de idosos acima de 65 anos.
- d) **Indicadores de desenvolvimento (IDesv):** são indicadores que medem as dimensões sociais no âmbito da qualidade de vida da população (JANUZZI, 2001). Neste estudo, utilizaram-se os seguintes Índices de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM): Dimensão Educação (IDHM-E), Dimensão Longevidade (IDHM-L) e Dimensão Renda (IDHM-R).
- e) **Indicadores de Mercado de Trabalho (IMtrab):** no setor público, este indicador possui a função de auxiliar a criação de políticas de emprego e distribuição de renda (JANUZZI, 2001). Para representar tal indicador, utilizou-se a taxa de desemprego, pois retrata a demanda ou a queda por bens e serviços, e é calculada a partir da relação entre o número de desemprego pela soma entre o número de cargos ocupados e número de desempregados a cada 100 habitantes.
- f) **Indicadores de Renda e Pobreza (IREpo):** os indicadores de pobreza retratam o nível de carências de rendimento para compra. Neste estudo foi considerado o percentual de pessoas que recebem menos de meio salário mínimo e o percentual de pessoas que recebem menos de um quarto de salário mínimo (JANUZZI, 2001). Para representar tal indicador, utilizou-se a taxa obtida por meio do quociente entre o Produto Interno Bruto (PIB) e a população, como forma de medir o bem-estar da população. Tal taxa é muito utilizada nos relatórios sociais e compõe o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do Plano das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

Consideraram-se como nível de desagregação os municípios que compreendem a região do Semiárido Brasileiro.

## 2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

### 2.3.1. Método *Grade of Membership* (GoM)

Para a obtenção da tipologia sociodemográfica dos municípios localizados na região do semiárido brasileiro, utilizou-se o método *Grade of Membership* (GoM), com um conjunto de indicadores Sociais, demográficos, econômicos e infraestrutura do municípios que compõem a região semiárida brasileira. O método GoM foi desenvolvido por Zadeh (1965) e é baseado na teoria dos conjuntos nebulosos, que verifica a existência de outras características além de verdadeiro e falso. Tal método consiste em criar perfis tomando como base um conjunto de características referentes às variáveis do estudo. Este método torna-se parte da técnica de análise de *Cluster*, a qual cria grupos de indivíduos com características homogêneas, porém a análise de *Cluster* possibilita identificar apenas se o elemento (neste caso os municípios) pode ou não pertencer a determinado grupo. Entretanto, com o método GoM identificam-se grupos de indivíduos (neste estudo representado pelos municípios) com características semelhantes, podendo o município pertencer de forma parcial a outros grupos, de acordo com as semelhanças apresentadas para cada conjunto de dados (MANTON et al., 1994).

Para Cerqueira (2002) este método possui a vantagem de possibilitar a identificação dos municípios que possam pertencer a outros perfis. Além disso, o método permite trabalhar com um grande número de variáveis e observações.

O grau de pertinência ( $g_{ik}$ ), corresponde ao grau com que o município  $i$  pertence ao perfil extremo  $k$ , variando de 0 a 1. Onde, o 0 (zero) indica que o município não pertence ao grupo dos municípios do perfil  $k$  e o 1(um) o município pertence ao grupo de municípios que compõem o perfil  $k$ .

Para a análise do método, consideram-se ainda as suposições de conjuntos nebulosos:

- I. as variáveis aleatórias  $Y$  são independentes para diferentes valores de  $i$ , ou seja, as respostas das diferentes unidades são independentes;
- II. os valores de  $g$ ,  $k = 1, 2, \dots, K$  são realizações das componentes do vetor aleatório  $\xi_i = (\xi_{i1}, \xi_{i2}, \dots, \xi_{ik})$  com função de distribuição  $H(x) = P(\xi_i \leq x)$ ;

- III. se o grau de pertinência  $g$  é conhecido, as respostas de cada município  $i$ , para as várias questões ( $Y_{ijl}$ ) são independentes para as categorias de cada variável;
- IV. a probabilidade da resposta  $i$ , para a  $j$ -ésima variável, por município com  $k$ -ésimo perfil extremo é denotada por  $\lambda_{kjl}$ . Por pressuposto do modelo, existe pelo menos uma unidade que é um membro bem definido do  $k$ -ésimo perfil. Este pressuposto dá a probabilidade de resposta, para esta unidade, para os vários níveis de cada variável. Os valores de  $\lambda_{kjl}$  obedecem às restrições:

$$\begin{cases} \lambda_{kjl} \geq 0 & \forall k, j, l \\ \sum_{l=1}^{L_j} \lambda_{kjl} & \forall k, j, l \end{cases} \quad (2.1)$$

- V. a probabilidade de uma resposta  $l$  para a  $j$ -ésima variável pelo município  $i$ , condicionada aos graus  $g_{ik}$  é dada por:

$$P(Y_{ijl} = 1) = \sum_{k=1}^K g_{ik} * \lambda_{kjl} \quad (2.2)$$

Assim, ao considerar estes pressupostos citados acima, o modelo de máxima verossimilhança é dado por:

$$L(y) = \prod_{i=1}^I \prod_{j=1}^J \prod_{l=1}^{L_j} \left( \sum_{k=1}^K g_{ik} * \lambda_{kjl} \right)^{y_{ijl}} \quad (2.3)$$

$i$  = Município;  $j$  = Variáveis;  $l$  = Categorias das variáveis  $j$ ;  $k$  = Perfis;  $y_{ijl}$  = É a resposta 0=não; 1= sim, à categoria  $l$  da variável  $j$ ;  $\lambda_{kjl}$ = Probabilidade que uma resposta  $l$  de uma variável  $j$  pertencer ao perfil  $k$ ;  $g_{ik}$ = Grau de pertinência de um município  $i$  ao perfil  $k$ .

Foram utilizados três perfis puros, então no processo geral é  $2^k + 1$ , ou seja, 3 perfis de referência e 6 mistos, num total de 9 perfis criados.

No método GoM, uma das etapas mais importantes é a construção dos perfis extremos que é realizada a partir da estimação dos valores dos  $\lambda_{kjl}$  que, ao comparados com a frequência

marginal correspondente, fornecem elementos que permitem uma avaliação das características dominantes em cada perfil gerado. Com isto o número de perfis é definido pelo pesquisador. Neste trabalho foram definidos 3 perfis, por serem muito satisfatórios na interpretação dos grupos. Tal valor também foi utilizado por CERQUEIRA (2002) e BARBOSA (2001). Para a definição das características dominantes de cada perfil, foi definido o valor de 1,2 para a razão entre os  $\lambda_{kjl}$  e as frequências marginais correspondentes (P/F), lembrando que a escolha desse valor também é baseada no grau de heterogeneidade que se pretende captar, quanto maior o seu valor mais restritivo será processo de inclusão de categorias de determinada variável a um perfil.

Após a caracterização dos perfis extremos, estabeleceram-se os resultados relativos ao grau de pertinência, para a expansão dos perfis, devido a alguns municípios pertencerem parcialmente a mais de um perfil extremo. Assim Sawyer et al. (2000), para a definição dos perfis mistos utilizou-se expressões booleanas.

Com o intuito de adequar todas as microrregiões a algum perfil, dividiu-se os escores em quartis e considerou-se predominante do perfil k aqueles com 75% ou mais de características de um perfil k, ou seja  $\{g_{1k} \geq 0,75\}$ . Também, foram considerados como predominantes ao perfil k aqueles cujos escores situavam-se entre 50% e 74%, como mostra a expressão:  $\{0,5 \leq g_{i1} < 0,75\} \cap \{g_{i2} < 0,25\} \cap \{g_{i3} < 0,25\}$ .

Diante disto, as expressões booleanas estabelecidas por Sawyer et al. (2000) definiram os tipos considerados mistos:

I. Perfil misto 1 e 2 (PM12) com predominância do perfil extremo 1:

$$\text{Se } \{0,5 \leq g_{i1} < 0,75\} \cap \{0,25 \leq g_{i2} < 0,5\} \cap \{g_{i3} < 0,25\}$$

II. Perfil misto 1 e 3 (PM13) com predominância do perfil extremo 1:

$$\text{Se } \{0,5 \leq g_{i1} < 0,75\} \cap \{g_{i2} < 0,25\} \cap \{0,25 \leq g_{i3} < 0,5\}$$

III. Perfil misto 2 e 1 (PM21) com predominância do perfil extremo 2:

$$\text{Se } \{0,25 \leq g_{i1} < 0,5\} \cap \{0,5 \leq g_{i2} < 0,75\} \cap \{g_{i3} < 0,25\}$$

IV. Perfil misto 2 e 3 (PM23) com predominância do perfil extremo 2:

$$\text{Se } \{g_{i1} < 0,25\} \cap \{0,5 \leq g_{i2} < 0,75\} \cap \{0,25 \leq g_{i3} < 0,5\}$$

V. Perfil misto 3 e 1 (PM31) com predominância do perfil extremo 3:

$$\text{Se } \{0,25 \leq g_{i1} < 0,5\} \cap \{g_{i2} < 0,25\} \cap \{0,5 \leq g_{i3} < 0,75\}$$

VI. Perfil misto 3 e 2 (PM32) com predominância do perfil extremo 3:

$$\text{Se } \{g_{i1} < 0,25\} \cap \{0,25 \leq g_{i2} < 0,5\} \cap \{0,5 \leq g_{i3} < 0,75\}$$

Foram considerados “amorfos”, ou sem definição, as microrregiões cujos escores de pertinência aos três perfis foram inferiores a 0,5 (Cerqueira, 2004).

### **2.3.2. Teste t para amostras pareadas**

O teste t é bastante utilizado para comparação de amostras pareadas, ou seja, é utilizado quando se tem duas amostras, mas cada observação da primeira amostra é pareada com uma observação da segunda amostra. O teste é realizado com o objetivo de verificar se existem diferenças no comportamento quando se tem um mesmo grupo de sujeitos, no caso os municípios, testados em dois momentos distintos (2000 e 2010), ou seja, antes e depois (KAZMIER, 2004).

### 3. RESULTADOS

De acordo com as estatísticas descritivas das variáveis socioeconômicas do semiárido Brasileiro constatou-se que entre os anos de 2000 e 2010 houve um aumento de 0,17 do IDH-M na região, passando de 0,42 para 0,59, índice considerado abaixo da média nacional que é de 0,72. Verifica-se uma melhoria nas condições sociodemográficas, por meio dos indicadores econômicos e desenvolvimento nos municípios da região. O número de pessoas que viviam em situação de pobreza e a taxa de fecundidade tiveram redução e o percentual de idosos de 65 anos ou mais aumentou (TABELA 1).

**Tabela 1** – Indicadores médios das variáveis sociodemográficas para o Semiárido Brasileiro, 2000 e 2010.

Variáveis	Ano	
	2000	2010
Taxa de Fecundidade	3,13	2,25
Razão de dependência	70,81	56,63
Envelhecimento (%)	7,06	8,80
Água encanada (%)	40,54	70,62
Lixo Coletado (%)	73,12	93,08
Luz elétrica (%)	76,54	96,05
Esgotamento Inadequado (%)	19,97	17,02
Pobreza (%)	63,75	40,73
Extrema Pobreza (%)	38,13	22,14
Taxa de Desemprego (%)	10,37	7,69
Taxa de Analfabetismo (%)	34,54	27,16
PIB <i>per capita</i> (Real)	1621,60	5314
Renda <i>per capita</i> (Real)	167,54	273,26
IDHM	0,42	0,59
IDHM-E	0,25	0,49
IDHM-L	0,66	0,76
IDHM-R	0,48	0,56

Fonte: PNUD, 2013; Ministério da Saúde/DataSus,2010.

### 3.1. Definição dos Perfis

Em 2000, o Perfil extremo 1 é formado pelas categorias de municípios com as seguintes características:

- a) Quanto às variáveis Demográficas: menores taxas de fecundidade; baixos níveis da razão de dependência; elevada proporção de idosos acima de 65 anos;
- b) Quanto às variáveis Socioeconômicas: menor percentual de pessoas que vivem em situação de extrema pobreza e pobreza; maiores taxas de desemprego;
- c) Quanto às variáveis de Ambiente: elevado percentual de domicílios com acesso à Coleta de Lixo; elevados percentuais de residências com acesso à água encanada; menor percentual de domicílios com acesso ao esgotamento inadequado;
- d) Quanto às variáveis de Desenvolvimento: elevados índices de desenvolvimento Humano; elevado PIB per capita, maior Renda per capita.

Assim, o perfil extremo 1, congregam-se aqueles municípios que apresentam as melhores condições sociodemográficas. Denominou-se esse perfil como "Baixa Vulnerabilidade" sociodemográfica.

O Perfil extremo 2 é formado pelas categorias de municípios com as seguintes características:

- a) Quanto às variáveis Demográficas: intermediárias taxas de fecundidade; intermediária razão de dependência; concentração moderada de idosos de idosos acima de 65 anos;
- b) Quanto às variáveis Socioeconômicas: intermediário nível de extrema pobreza e pobreza; concentração das medianas taxas de desemprego;
- c) Quanto às variáveis Ambiente: mediana percentual de domicílios com acesso à Coleta de Lixo; intermediários percentuais de residências com acesso à água encanada; mediano percentual de domicílios com acesso ao esgotamento inadequado;
- d) Quanto às variáveis Desenvolvimento: intermediário índice de desenvolvimento Humano; mediano PIB per capita, mediana Renda per capita.

Assim, o perfil extremo 2, congregam-se aqueles municípios que apresentam intermediárias condições sociodemográficas. Denominou-se esse perfil como "Média Vulnerabilidade" sociodemográfica.

O Perfil extremo 3 é formado pelas categorias de municípios com as seguintes características:

- a) Quanto às variáveis Demográficas: elevadas taxas de fecundidade; elevada razão de dependência; elevados níveis de idosos de idosos acima de 65 anos;
- b) Quanto às variáveis Socioeconômicas: elevada extrema pobreza; concentração das menores taxas de desemprego;
- c) Quanto às variáveis Ambiente: baixo percentual de domicílios com acesso à Coleta de Lixo; menores percentuais de residências com acesso à água encanada; menor percentual de domicílios com acesso ao esgotamento inadequado;
- d) Quanto às variáveis Desenvolvimento: menores índices de desenvolvimento Humano; baixo PIB per capita, menor Renda per capita.

Assim, o perfil extremo 3, congregam-se aqueles municípios que apresentam as piores condições sociodemográficas. Denominou-se esse perfil como "Alta Vulnerabilidade" sociodemográfica.

A mesma distribuição, demonstrada na Tabela 2, foi realizada para o ano de 2010. Quanto à classificação acima apresentada para análise de distribuição dos Perfis em 2000, o ano de 2010 manteve o mesmo padrão.

**Tabela 2** - Frequências absolutas e relativas, estimativas de Lambda, segundo perfis extremos e categorias das variáveis para o ano de 2000.

Variáveis	Quartis	Frequência			Lambdas			Perfil		
		abs.	%	milhar	$\lambda_{1j}$	$\lambda_{2j}$	$\lambda_{3j}$	1	2	3
Fecundidade	1	285	25,20	0,25	0,6433	0,1325	0,0561	2,56	0,53	0,22
	2	283	25,00	0,25	0,2718	0,3029	0,1397	1,09	1,21	0,56
	3	282	24,90	0,25	0,0850	0,3533	0,2401	0,34	1,42	0,96
	4	283	25,00	0,25	0,0000	0,2114	0,5641	0,00	0,85	2,26
Razão de dependência	1	283	25,00	0,25	0,7554	0,0000	0,0000	3,02	0,00	0,00
	2	284	25,10	0,25	0,2446	0,3523	0,1107	0,98	1,41	0,44
	3	284	25,10	0,25	0,0000	0,4722	0,2104	0,00	1,88	0,84
	4	282	25,00	0,25	0,0000	0,1755	0,6789	0,00	0,71	2,73
Taxa de envelhecimento	1	284	25,10	0,25	0,2634	0,1012	0,5106	1,05	0,40	2,04
	2	287	25,30	0,25	0,2445	0,2053	0,3483	0,97	0,81	1,37
	3	279	24,60	0,25	0,1864	0,3381	0,1411	0,76	1,37	0,57
	4	283	25,00	0,25	0,3057	0,3554	0,0000	1,22	1,42	0,00
Extrema Pobreza	1	283	25,00	0,25	0,9045	0,0000	0,0000	3,62	0,00	0,00
	2	284	25,10	0,25	0,0955	0,5144	0,0000	0,38	2,05	0,00
	3	283	25,00	0,25	0,0000	0,4856	0,1399	0,00	1,94	0,56
	4	283	25,00	0,25	0,0000	0,0000	0,8601	0,00	0,00	3,44
Pobreza	1	283	25,00	0,25	0,9575	0,0000	0,0000	3,83	0,00	0,00
	2	284	25,10	0,25	0,0425	0,4944	0,0000	0,17	1,97	0,00
	3	283	25,00	0,25	0,0000	0,5056	0,0299	0,00	2,02	0,12
	4	283	25,00	0,25	0,0000	0,0000	0,9701	0,00	0,00	3,88
Analfabetismo	1	283	25,00	0,25	0,8314	0,0000	0,0000	3,33	0,00	0,00
	2	287	25,30	0,25	0,1686	0,4641	0,0000	0,67	1,83	0,00
	3	280	24,70	0,25	0,0000	0,4284	0,2132	0,00	1,73	0,86
	4	283	25,00	0,25	0,0000	0,1074	0,7868	0,00	0,43	3,15
Desemprego	1	284	25,10	0,25	0,0229	0,2472	0,4848	0,09	0,99	1,93
	2	282	24,90	0,25	0,0878	0,3383	0,2510	0,35	1,36	1,01
	3	283	25,00	0,25	0,3621	0,2476	0,1402	1,45	0,99	0,56
	4	284	25,00	0,25	0,5271	0,1669	0,1239	2,10	0,67	0,49
Renda per capita	1	283	25,00	0,25	0,0000	0,0000	1,0000	0,00	0,00	4,00
	2	284	25,10	0,25	0,0000	0,5008	0,0000	0,00	2,00	0,00
	3	283	25,00	0,25	0,0000	0,4992	0,0000	0,00	2,00	0,00
	4	283	25,00	0,25	1,0000	0,0000	0,0000	4,00	0,00	0,00
Água encanada	1	283	25,00	0,25	0,0000	0,1198	0,7120	0,00	0,48	2,85
	2	284	25,10	0,25	0,0000	0,3669	0,2880	0,00	1,46	1,15
	3	283	25,00	0,25	0,2076	0,4105	0,0000	0,83	1,64	0,00
	4	283	25,00	0,25	0,7924	0,1028	0,0000	3,17	0,41	0,00
Lixo coletado	1	283	25,00	0,25	0,0403	0,2310	0,4956	0,16	0,92	1,98
	2	284	25,10	0,25	0,1856	0,2813	0,2621	0,74	1,12	1,05
	3	283	25,00	0,25	0,3345	0,2576	0,1497	1,34	1,03	0,60
	4	283	25,00	0,25	0,4396	0,2300	0,0925	1,76	0,92	0,37
Luz elétrica	1	283	25,00	0,25	0,0000	0,1178	0,7420	0,00	0,47	2,97
	2	284	25,10	0,25	0,1244	0,3470	0,2033	0,50	1,38	0,81
	3	283	25,00	0,25	0,2908	0,3342	0,0547	1,16	1,34	0,22
	4	283	25,00	0,25	0,5848	0,2010	0,0000	2,34	0,80	0,00
Esgotamento Inadequado	1	283	25,00	0,25	0,3022	0,1732	0,3388	1,21	0,69	1,36
	2	284	25,10	0,25	0,3260	0,1999	0,2665	1,30	0,80	1,06
	3	283	25,00	0,25	0,2383	0,2783	0,2082	0,95	1,11	0,83
	4	283	25,00	0,25	0,1335	0,3486	0,1864	0,53	1,40	0,75
IDHM	1	283	25,00	0,25	0,0000	0,0000	1,0000	0,00	0,00	4,00
	2	288	25,40	0,25	0,0000	0,5066	0,0000	0,00	1,99	0,00
	3	280	24,70	0,25	0,0000	0,4934	0,0000	0,00	2,00	0,00
	4	282	24,90	0,25	1,0000	0,0000	0,0000	4,02	0,00	0,00
IDHM-E	1	285	25,20	0,25	0,0000	0,0000	0,8799	0,00	0,00	3,50
	2	285	25,20	0,25	0,0000	0,4976	0,1201	0,00	1,98	0,48
	3	284	25,10	0,25	0,1067	0,5024	0,0000	0,43	2,00	0,00
	4	279	24,60	0,25	0,8933	0,0000	0,0000	3,63	0,00	0,00
IDHM-L	1	284	25,10	0,25	0,0000	0,2220	0,5537	0,00	0,89	2,21
	2	283	25,00	0,25	0,1318	0,2578	0,3476	0,53	1,03	1,39
	3	284	25,10	0,25	0,2099	0,3488	0,0987	0,84	1,39	0,39
	4	282	24,90	0,25	0,6583	0,1714	0,0000	2,64	0,69	0,00
IDHM-R	1	285	25,20	0,25	0,0000	0,0000	1,0000	0,00	0,00	3,98
	2	286	25,20	0,25	0,0000	0,5033	0,0000	0,00	1,99	0,00
	3	282	24,90	0,25	0,0000	0,4967	0,0000	0,00	2,00	0,00
	4	280	24,70	0,25	1,0000	0,0000	0,0000	4,05	0,00	0,00
PIB_Percap	1	283	25,00	0,25	0,0000	0,1488	0,6928	0,00	0,60	2,77
	2	284	25,10	0,25	0,0000	0,3734	0,2619	0,00	1,49	1,04
	3	283	25,00	0,25	0,2406	0,3580	0,0453	0,96	1,43	0,18
	4	283	25,00	0,25	0,7594	0,1198	0,0000	3,04	0,48	0,00

A Tabela 3 apresenta os perfis extremos e mistos, o qual tem-se as frequências absolutas e relativas para os anos de 2000 e 2010. De acordo à técnica de *Grade of Membership* (GoM), o perfil extremo 1 é composto de 175 municípios em 2000 e 167 em 2010 e caracteriza-se por apresentar uma baixa vulnerabilidade, o perfil extremo 2 apresenta uma média vulnerabilidade sendo formado de 334 municípios em 2000 e de 319 em 2010 e o perfil extremo 3 é composto por 180 municípios em 2000 e 176 em 2010, apresentando a mais alta vulnerabilidade e com isso tem-se as piores condições sociodemográficas. De modo geral, no que se refere à composição dos municípios pertencentes aos perfis extremos, observou-se que entre os anos houve a redução do número de municípios agregam cada perfil, ou seja, alguns municípios passaram a obter predominância de seus perfis originais, mas com características de outros, os chamados Perfil Misto - PM (TABELA 3).

Ainda de acordo com a tabela 3 tem-se os perfis mistos e observa-se que em 2000, o PM12 (predominância do perfil 1 e com características do perfil 2) e PM13 (predominância do perfil 1 e com características do perfil 3) representam 7,3% do total de municípios, que apresentam predominância das condições de baixa vulnerabilidade. No tocante do PM21 (predominância do perfil 2 e com características do perfil 1) e PM23 (predominância do perfil 2 e com características do perfil 3) corroboram com 19,6% dos municípios apresentam características sociodemográficas medianas. Por sua vez, o PM31 (predominância do perfil 3 e com características do perfil 1) e o PM32 (predominância do perfil 3 e com características do perfil 2) corresponde a 8,0% do total dos municípios que compõem a região, que apresentam predominância das condições de alta vulnerabilidade.

Para 2010, o perfil misto PM12 (predominância do perfil 1 e com características do perfil 2) e PM13 (predominância do perfil 1 e com características do perfil 3) com as 8,9% dos municípios que representam as condições de baixa vulnerabilidade. No PM21 (predominância do perfil 2 e com características do perfil 1) e PM23 (predominância do perfil 2 e com características do perfil 3) corroboram com 20,4% dos municípios apresentam características sociodemográficas medianas, ou seja se concentra em situação de média vulnerabilidade. Os mistos PM31 (predominância do perfil 3 e com características do perfil 1) e PM32 (predominância do perfil 3 e com características do perfil 2) correspondem a 9,0% do total dos municípios que compõem a região e que apresentam predominância das condições de alta vulnerabilidade.

Quanto ao número de municípios que não contêm características de nenhum dos perfis gerados (Amorfos), observa-se que em 2000, 49 municípios dos 1.133 municípios não se enquadravam

em nenhuma das categorias, entretanto em 2010 este número foi reduzido, para 3,5%, totalizando 40 municípios.

Entre os anos de 2000 e 2010 verificou-se que não existe diferença significativa quanto à distribuição dos perfis gerados, ou seja, as características sociodemográficas entre os perfis foram a mesma durante os anos de 2000 e 2010.

**Tabela 3-** Tipologia dos municípios segundo a predominância dos Perfis, 2000 e 2010.

Predominância de Perfil	Ano				Valor-p
	2000		2010		
	N	%	N	%	
<b>Predominante 1 (Baixa Vulnerabilidade)</b>	<b>175</b>	<b>15,4</b>	<b>167</b>	<b>14,7</b>	
PM1-12 (Misto, predominância de 1 com característica de 2)	82	7,2	97	8,6	0,762
PM1-13 (Misto, predominância de 1 com característica de 3)	1	0,1	1	0,1	
<b>Total</b>	<b>258</b>	<b>23</b>	<b>265</b>	<b>23</b>	
<b>Predominante 2 (Média Vulnerabilidade)</b>	<b>334</b>	<b>29,5</b>	<b>319</b>	<b>28,2</b>	
PM2-21 (Misto, predominância de 2 com característica de 1)	118	10,4	133	11,7	0,868
PM2-23 (Misto, predominância de 2 com característica de 3)	104	9,2	99	8,7	
<b>Total</b>	<b>556</b>	<b>49</b>	<b>551</b>	<b>49</b>	
<b>Predominante 3 (Alta Vulnerabilidade)</b>	<b>180</b>	<b>15,9</b>	<b>176</b>	<b>15,5</b>	
PM3-31 (Misto, predominância de 3 com característica de 1)	86	7,6	97	8,6	0,655
PM3-32 (Misto, predominância de 3 com característica de 2)	4	0,4	4	0,4	
<b>Total</b>	<b>270</b>	<b>24</b>	<b>277</b>	<b>24</b>	
<i>Amorfo</i>	<b>49</b>	<b>4,3</b>	<b>40</b>	<b>3,5</b>	
<b>Total</b>	<b>1133</b>	<b>100</b>	<b>1133</b>	<b>100</b>	

Para a representação da distribuição espacial dos 3 perfis gerados pelo GoM, considera-se os mistos categorizados, de acordo com sua predominância. Então, para os Perfis puros (1, 2 e 3), foram considerados os mistos (PM12 e PM13 para o perfil 1, PM21 e PM23 para o perfil 2, PM31 e PM32 para o perfil 3).

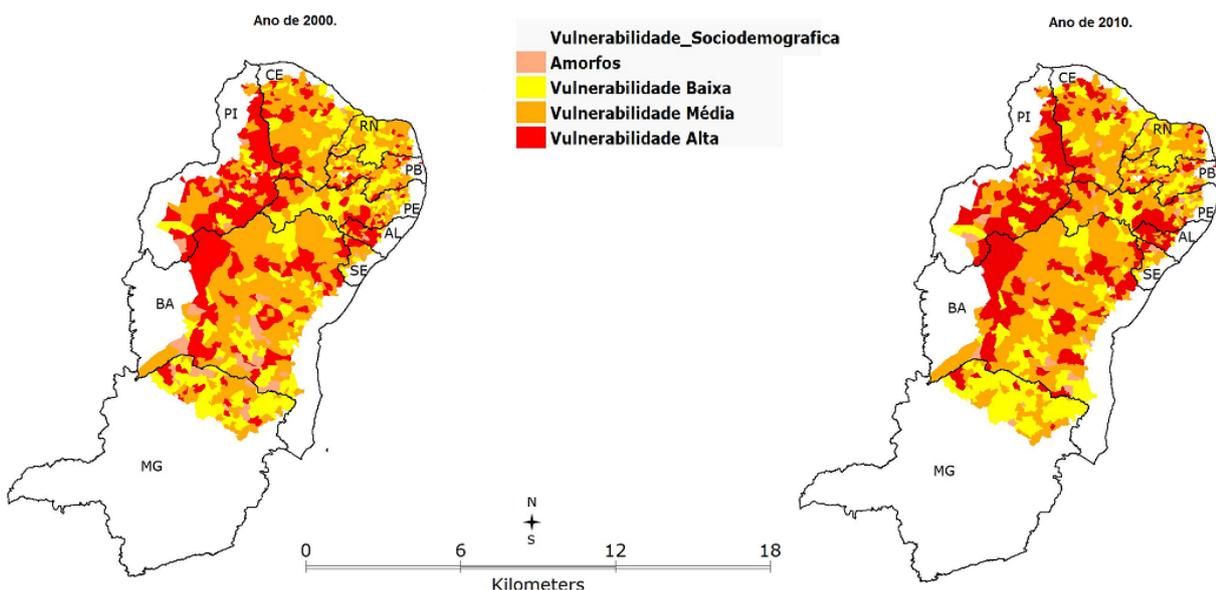
A Figura 2 apresenta a distribuição espacial da tipologia de vulnerabilidade sociodemográfica dos municípios do semiárido do Brasil. Verifica-se que houve, no ano de 2000, uma diferenciação entre as Unidades Federativas quanto da situação de vulnerabilidade sociodemográfica que compõem a região semiárida do Brasil. Em 2000, os municípios localizados nos estados do Piauí, Alagoas e Bahia merecem destaque, pois é onde se concentra os municípios com maior vulnerabilidade sociodemográfica. Os municípios do Rio Grande do Norte, Paraíba e Norte de Minas revelam condições semelhantes em termos de vulnerabilidade, a qual se concentra na categoria “baixa”. Entretanto, os municípios do estado do Sergipe e do Ceará há predominância de condições de Vulnerabilidade sociodemográfica “mediana”. Já em

2010, observa-se uma intensificação da situação de vulnerabilidade sociodemográfica em toda a área do semiárido Brasileiro, principalmente nos municípios que compõem os Estados da Bahia, Piauí e Alagoas. Os demais Estados, com exceção do Norte de Minas Gerais onde os municípios encontram-se em sua maioria numa situação de baixa vulnerabilidade, possuem características no que tange à situação mediana de vulnerabilidade.

A região do Seridó Potiguar é uma das 19 microrregiões que fazem parte do estado do Rio Grande do Norte, esta região pela tipologia encontra-se a maioria dos municípios com características de vulnerabilidade baixa.

No Estado de Alagoas há predominância dos municípios com situação de Vulnerabilidade Alta, ou seja, neste estado boa parte dos municípios da região semiárida possuem as piores condições sociais e demográficas.

As quatro mesorregiões onde se enquadram municípios semiárido do estado do Piauí (Centro-Norte Piauiense, Norte Piauiense, Sudeste Piauiense e do Sudoeste Piauiense), se encontram em situação de vulnerabilidade alta na região Leste.



**Figura 2:** Distribuição espacial da tipologia da vulnerabilidade sociodemográfica do Semiárido Brasileiro, a partir dos perfis gerados pelo GoM, nos anos de 2000 e 2010.

Faz-se necessário conhecer a permutação dos municípios dentro de cada unidade federativa, deste modo, de acordo com a tabela 4 referente à distribuição dos municípios segundo os perfis entre os anos verifica-se que no estado de Alagoas dos 25 municípios pertencentes ao perfil 3, apenas 2 (Major Isidoro e Minador do Negrão) mudaram para a situação de vulnerabilidade que

caracteriza o perfil 2. No estado da Bahia, dos 106 municípios pertencentes ao perfil 2 em 2000, 17 mudaram para o perfil 3 sendo eles: Abaré, Adustina, América dourada, Biritinga, Cabaceiras do Paraguaçu, Gentio do ouro, Ibiquera, Ipecaetá, Lamarão, Manoel Vitorino, Marcionílio Souza, Morpará, Nova Soure, Novo Triunfo, Olindina, Oliveira dos Brejinhos e Souto Soares. No Piauí 4 municípios que eram amorfos em 2000 passaram para o perfil 2 sendo eles: Curimatá, Paes Landim, Santa Cruz dos Milagres e São Lourenço do Piauí. No estado do Rio Grande do Norte 5 municípios que pertenciam ao perfil 2 passou para o perfil 3, sendo eles: Ielmo marinho, Januário Cicco, Parazinho, Pedra Grande e Pureza.

**Tabela 4** – Distribuição dos municípios pelos perfis entre os anos de 2000 e 2010.

UF/Perfil 2000		Perfil_2010			
		Frequência			
		Amorfos	P1	P2	P3
Alagoas	Amorfos	0	0	2	0
	P1	0	3	0	0
	P2	0	0	3	3
	P3	0	0	2	25
Bahia	Amorfos	5	1	10	3
	P1	0	40	15	0
	P2	4	11	106	17
	P3	1	0	11	41
Ceará	Amorfos	0	0	1	0
	P1	0	21	5	0
	P2	7	11	63	10
	P3	0	0	8	24
Minas Gerais	Amorfos	0	2	4	1
	P1	0	31	2	0
	P2	2	15	16	0
	P3	0	0	8	4
Paraíba	Amorfos	0	0	3	1
	P1	0	28	4	0
	P2	4	9	81	8
	P3	0	0	8	24
Pernambuco	Amorfos	1	0	0	1
	P1	1	24	12	0
	P2	3	1	40	16
	P3	3	0	6	14
Piauí	Amorfos	0	0	4	3
	P1	0	9	3	0
	P2	3	1	20	6
	P3	2	0	12	64
Rio Grande do Norte	Amorfos	0	0	5	0
	P1	0	40	14	0
	P2	2	9	61	5
	P3	0	1	5	5
Sergipe	Amorfos	0	0	2	0
	P1	0	5	1	0
	P2	1	3	14	1
	P3	1	0	0	1

#### 4. CONCLUSÕES

Este artigo teve como objetivo principal identificar a tipologia da vulnerabilidade sociodemográfica da região do semiárido Brasileiro, através de indicadores de condições sociais, econômicas, demográficas e ambientais da população residente nesta região, utilizando o método *Grade Of Membership* (GoM). Foram gerados três perfis extremos de forma a descrever e classificar os municípios da região do Sertão Brasileiro, segundo as variáveis que foram selecionadas para tal representação. Após a criação dos perfis foram verificadas e identificadas as características dos perfis extremos, a partir de um corte de 1,2.

Em ambos os anos (2000 e 2010), os perfis extremos possuem as mesmas características, sendo que, de um modo geral, o Perfil extremo 1 reúne municípios, predominantemente, com bons indicadores, exceto a taxa de desemprego, que é alta neste perfil. Assim, diante dessas características gerais denominou-se tal Perfil como sendo de "Vulnerabilidade Baixa". O Perfil extremo 2 reuniu municípios em uma condição sociodemográfica intermediária, tanto em infraestrutura como em aspectos educacionais, econômicos e desenvolvimento humano. Assim, este perfil extremo foi considerado como sendo de "Vulnerabilidade Média". O perfil extremo 3 teve como características os piores indicadores sociodemográficos. Assim, este perfil foi denominado como sendo de "Vulnerabilidade Alta".

O quadro da distribuição territorial permite identificar as unidades federativas que mais se destacam quanto à situação de Vulnerabilidade Alta (Perfil extremo 3). Para o ano de 2000 são destacados neste perfil: a Bahia, com 33 municípios; o Piauí, com 65; e Alagoas, com 22. Em 2010 houve um aumento considerável do número de municípios nesta situação para a Bahia, passando então para 43; Piauí reduziu para 43 e Alagoas permaneceu com o mesmo número.

Em 2000, dos municípios que compõem o semiárido dos estados de Alagoas e Piauí, 58% e 51% encontram-se com características do perfil 3 (Vulnerabilidade alta) ,estes estados apresentam 2(5%) e 7 (5%) respectivamente de municípios que foram alocadas ao grupo de amorfos.

As demais UF apresentam grande parte de seus municípios no perfil 2 (Vulnerabilidade mediana) exceto o estado de Minas Gerais, o qual possui a maior parte dos seus municípios no perfil 1 (vulnerabilidade baixa).

Outro destaque é encontrado nos estados de Alagoas e Maranhão, onde 46% e 57%, respectivamente, dos seus municípios, foram alocadas às características de perfil 1.

Em 2010, verifica-se que nos estados da Bahia, Ceará, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe, aumentou o número de municípios que se encontram em situação de alta Vulnerabilidade.

Também observou-se que existe associação significativa em ambos os anos entre os estados e os perfis gerados pela análise do GoM.

Os resultados apontaram diferenças importantes em âmbito municipal. Os grupos de municípios com índices de desenvolvimento considerados altos possuíam alta taxa de desemprego. Os problemas que são associados à qualidade de vida, como as condições básicas de saúde (esgotamento sanitário, coleta de lixo, água e energia elétrica), tornam a população mais vulnerável às situações indesejadas, como por exemplo, a prática de delitos.

O universo dos municípios da região semiárida brasileira, ainda pouco explorada, revelou as carências, fragilidades, desigualdades e incapacidade de respostas, diante das dificuldades que são encontradas pela população em determinadas regiões, revelado pela identificação e caracterização da tipologia em diferentes aspectos. De um lado temos um grupo de municípios que se encontram em melhores e outras em piores condições de vulnerabilidade, em relação aos indicadores ambientais, educacionais, demográficos, de desenvolvimento humano, mercado de trabalho e de renda e pobreza.

Ao expor os resultados, nota-se que há a necessidade de um estudo mais elaborado, para que se possa conhecer a realidade de cada município, nas condições sociais e econômicas, no intuito de fornecer informações mais eficazes para o direcionamento de políticas públicas de desenvolvimento socioeconômico, a fim de que se possa obter, como consequência, uma melhor qualidade de vida das pessoas que moram nessas regiões, reduzindo assim a sua fragilidade às mudanças climáticas, em particular, aos efeitos da seca sobre a população.

## 5. REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. **Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida**, Revista Estudos Avançados, v. 13, n. 36, p.72-83, 1999.

ASSAD, E.D.; PINTO, H.S. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. São Paulo: Embrapa, 2008. 84 p.

BATES, B.C., KUNDZEWICZ, Z.W., WU, S. & PALUTIKOF, J.P. Climate change and water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva. 2008. 210 p

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. **Boletim do desenvolvimento social**. Disponível em: <https://www.mds.gov.br>. Acesso em: 28 fev. 2014.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Censo Demográfico, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br> Acesso em: 28 fev. 2013.

BAPTISTA, N. Q.; CAMPOS, C. H. **As possibilidades de construção de um modelo sustentável de desenvolvimento no semiárido**. Porto Alegre: Redesan, 2011.

BARBIERI, A. F. **Mudanças climáticas, mobilidade populacional e cenários de vulnerabilidade para o Brasil**. Revista Interdisciplinar da Mobilidade Humana, Ano XIX, n. 36, p. 95-112, jan./jun. 2011.

BARBOSA, Lára de Melo (Org.). **Questões contemporâneas da dinâmica populacional do Nordeste**. Natal: Edufrn, 2006. 254 p.

BARROS, R,P; CARVALHO, M; FRANCO E MENDONÇA, R. **A queda recente da desigualdade de renda no Brasil**. Texto para Discussão n° 1258, Rio de Janeiro: IPEA, 2007.

BARROS, R. P. de; CARVALHO, M. de; FRANCO, S.; MENDONÇA, R. **Determinantes imediatos da queda da desigualdade de renda brasileira**. In: BARROS, R. P.; FOGUEL, M. N.; ULYSSEA, M. (Org.). *Desigualdade de renda no Brasil: uma análise da queda recente*. Brasília: Ipea, 2006, v. 1. p. 379-396.

CERQUEIRA, C. A. **Uma tipologia dos municípios da região Nordeste**. Belo Horizonte, 2002. Mimeografado.

CIRILO, J. A. et al. **A questão da água no semiárido brasileiro**. Bicudo, CE de M; Tundisi, JG, 2010.

FISCHER, G.; SHAH, M.; VELTHUIZEN, H. V. **Climate Change and Agricultural Vulnerability**. Joanesburgo: IIASA Publications, 2002.

HOGAN, Daniel Joseph. **Mobilidade populacional, sustentabilidade ambiental e vulnerabilidade social**. Rev. bras. estud. popul., São Paulo , v. 22, n. 2, Dec. 2005 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-30982005000200009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-30982005000200009&lng=en&nrm=iso)>. access on 25 Jun. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-30982005000200009>.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.

KAZMIER, L. J. **Estatística aplicada à economia e administração**. São Paulo: Pearson Makron. (2004).

JACOMINE, P. K. T. **Solos sob caatingas: Características e uso agrícola**. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTE, M. P. F. (Ed.). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa: SBCS/UFV. 1996, p.95-111.

JANNUZZI, P. M. **Indicadores sociais no Brasil: conceitos, fonte de dados e aplicações**. Campinas: Alínea, 2001.

JANNUZZI, P.M. & PASQUALI, F.A. **Estimação de demandas sociais para fins de formulação de políticas públicas municipais**. Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro, v.33, n.2, p.75-94, 1999.

LIVI-BACCI, M. (1995). **Pobreza y población**. Pensamiento Iberoamericano. N 28 y Notas de Población N 62 (número conjunto). Madrid, p. 115-138.

MACEDO, Eduardo Soares de. **Desastres naturais: causas e consequências**. Geociênc. (São Paulo), São Paulo, v. 27, n. 1, jan. 2008 . Disponível em <[http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-0822008000100022&lng=pt&nrm=iso](http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-0822008000100022&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 20 Mai. 2014.

MARENGO, J.A. **Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao Longo do Século XXI**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

MARENGO, J. A.; ALVES L. M.; BESERRA, E. A., LACERDA, F.F. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, PB, 2011.

MANTON, K. G.; WOODBURY, M. A.; TOLLEY, H. D. **Statistical applications using fuzzy sets**. New York: John Wiley, 1994, 312 p.

MOSER, C. **The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty reduction strategies**, World Development, New York, v.26, n.1, 1998.

OJIMA, R; ALVES, H. P. F. **Vulnerabilidade das mudanças climáticas nas áreas urbanas do estado de São Paulo: Mudança do regime de chuvas e características socioeconômicas e demográficas da população**. IV Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós Graduação em Ambiente e Sociedade, 2008, Brasília, DF.

RAO. V. B.; LIMA, M.; FRANCHITO, S. H. **Seazonal and Interannual Variations of Rainfall over Eastern Northeast Brazil**. Journal of Climate, n. 6, p. 1754-1763, 1993.

REIS, A. G.; SOUSA, J.M. **O Semiárido Brasileiro**. Cáritas Brasileira, 2002.

RIBOT, J.C.; NAJAM, A.; WATSON, G. **Climate variation, vulnerability and sustainable development in the semi-arid tropics**. In: (Eds.) RIBOT, J.C.

MAGALHÃES, A.R.; PANAGIDES, S. S. **Climate Variability, Climate Change and Social Vulnerability in the Semi-Arid Tropics**. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova Iorque, 1996, p. 13-54.

RODRÍGUEZ, Jorge V. **Vulnerabilidad y grupos vulnerables: un marco de referencia conceptual mirando a los jóvenes**. Serie Población y desarrollo, Santiago - Chile, n.7. CEPAL/CELADE. 2001.

ROUCOU, Pascal et al. **Vertical motion changes related to north-east Brazil rainfall variability: A GCM simulation**. International Journal of Climatology, v. 16, n. 8, p. 879-891, 1996.

SANTANA, M. O. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil / MMA**, Secretaria de Recursos Hídricos, Universidade Federal da Paraíba. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2007.

SAWYER, D. O. et al. **Caracterização dos tipos de doadores de sangue em Belo Horizonte: heterogeneidade do homogêneo**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 12, 2000, CAXAMBU. Anais... Belo Horizonte: ABEP, 2000 (CD-ROM).

SILVA, R. M. A. **Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento**. 2006.

DA SILVA, Vicente de Paulo Rodrigues. **On climate variability in Northeast of Brazil**. Journal of Arid Environments, v. 58, n. 4, p. 575-596, 2004.

SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Municípios do Semiárido Brasileiro**. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/>. Acesso em: 01 mar. 2014.

WEHBE, M. et al. **Social Methods for Assessing Agricultural Producers: Vulnerability to Climate Variability and Change Based on the Notion of Sustainability**. AIACC Working Paper n. 19, 2005.

VIGNOLLI, Jorge Rodríguez. **Vulnerabilidade sociodemográfica: antigos e novos riscos para a América Latina e o Caribe**. Novas Metrôpoles Paulistas: população, vulnerabilidade e segregação. Campinas: NEPO/UNICAMP, 2006.

ZADEH, L. A. **Fuzzy Sets, Information and Control**. Vol. 8, p. 338-353, 1965.

## ANEXO

**Tabela 5 -** Frequências absolutas e relativas, estimativas de  $\lambda_{kjl}$ , segundo perfis extremos e categorias das variáveis, 2010.

Variáveis	Quartis	Frequência			Lambdas			Perfil		
		abs.	%	milhar	$\lambda_{1j}$	$\lambda_{2j}$	$\lambda_{3j}$	1	2	3
Fecundidade	1	293	25,86	0,26	0,554	0,201	0,072	2,14	0,78	0,28
	2	275	24,27	0,24	0,268	0,303	0,103	1,11	1,25	0,42
	3	287	25,33	0,25	0,178	0,285	0,269	0,70	1,12	1,06
	4	278	24,54	0,25	0,000	0,211	0,557	0,00	0,86	2,27
Razão de dependência	1	284	25,07	0,25	0,727	0,107	0,000	2,90	0,43	0,00
	2	284	25,07	0,25	0,273	0,322	0,102	1,09	1,28	0,41
	3	282	24,89	0,25	0,000	0,400	0,243	0,00	1,61	0,98
	4	283	24,98	0,25	0,000	0,171	0,655	0,00	0,68	2,62
Taxa de envelhecimento	1	285	25,15	0,25	0,369	0,077	0,454	1,47	0,30	1,80
	2	283	24,98	0,25	0,238	0,200	0,356	0,95	0,80	1,42
	3	282	24,89	0,25	0,188	0,315	0,191	0,75	1,26	0,77
	4	283	24,98	0,25	0,205	0,408	0,000	0,82	1,64	0,00
Extrema Pobreza	1	283	24,98	0,25	0,930	0,000	0,000	3,72	0,00	0,00
	2	285	25,15	0,25	0,070	0,500	0,000	0,28	1,99	0,00
	3	282	24,89	0,25	0,000	0,500	0,070	0,00	2,01	0,28
	4	283	24,98	0,25	0,000	0,000	0,930	0,00	0,00	3,72
Pobreza	1	283	24,98	0,25	1,000	0,000	0,000	4,00	0,00	0,00
	2	284	25,07	0,25	0,000	0,500	0,000	0,00	2,00	0,00
	3	284	25,07	0,25	0,000	0,500	0,000	0,00	1,99	0,00
	4	282	24,89	0,25	0,000	0,000	1,000	0,00	0,00	4,02
Analfabetismo	1	285	25,15	0,25	0,801	0,000	0,000	3,18	0,00	0,00
	2	291	25,68	0,26	0,199	0,422	0,066	0,77	1,64	0,26
	3	278	24,54	0,25	0,000	0,445	0,204	0,00	1,81	0,83
	4	279	24,62	0,25	0,000	0,133	0,731	0,00	0,54	2,97
Desemprego	1	283	24,98	0,25	0,150	0,200	0,446	0,60	0,80	1,79
	2	286	25,24	0,25	0,202	0,307	0,206	0,80	1,22	0,81
	3	281	24,80	0,25	0,292	0,271	0,160	1,18	1,09	0,65
	4	283	24,98	0,25	0,357	0,223	0,189	1,43	0,89	0,76
Renda per capita	1	283	24,98	0,25	0,000	0,000	1,000	0,00	0,00	4,00
	2	284	25,07	0,25	0,000	0,501	0,000	0,00	2,00	0,00
	3	283	24,98	0,25	0,000	0,499	0,000	0,00	2,00	0,00
	4	283	24,98	0,25	1,000	0,000	0,000	4,00	0,00	0,00
Água encanada	1	283	24,98	0,25	0,000	0,137	0,715	0,00	0,55	2,86
	2	284	25,07	0,25	0,000	0,426	0,192	0,00	1,70	0,77
	3	283	24,98	0,25	0,340	0,285	0,093	1,36	1,14	0,37
	4	283	24,98	0,25	0,660	0,152	0,000	2,64	0,61	0,00
Lixo coletado	1	284	25,07	0,25	0,101	0,236	0,434	0,40	0,94	1,73
	2	283	24,98	0,25	0,248	0,271	0,214	0,99	1,08	0,85
	3	283	24,98	0,25	0,342	0,233	0,186	1,37	0,93	0,74
	4	283	24,98	0,25	0,310	0,261	0,167	1,24	1,04	0,67
Luz elétrica	1	283	24,98	0,25	0,041	0,222	0,510	0,16	0,89	2,04
	2	284	25,07	0,25	0,215	0,267	0,259	0,86	1,06	1,03
	3	287	25,33	0,25	0,308	0,271	0,166	1,22	1,07	0,65
	4	279	24,62	0,25	0,436	0,241	0,065	1,77	0,98	0,26
Esgotamento Inadequado	1	284	25,07	0,25	0,577	0,139	0,125	2,30	0,56	0,50
	2	283	24,98	0,25	0,336	0,276	0,115	1,34	1,10	0,46
	3	283	24,98	0,25	0,088	0,357	0,220	0,35	1,43	0,88
	4	283	24,98	0,25	0,000	0,228	0,540	0,00	0,91	2,16
IDHM	1	286	25,24	0,25	0,000	0,000	1,000	0,00	0,00	3,96
	2	283	24,98	0,25	0,000	0,515	0,000	0,00	2,06	0,00
	3	284	25,07	0,25	0,050	0,485	0,000	0,20	1,94	0,00
	4	280	24,71	0,25	0,950	0,000	0,000	3,85	0,00	0,00
IDHM-E	1	286	25,24	0,25	0,000	0,000	0,887	0,00	0,00	3,52
	2	283	24,98	0,25	0,000	0,522	0,113	0,00	2,09	0,45
	3	284	25,07	0,25	0,168	0,478	0,000	0,67	1,91	0,00
	4	280	24,71	0,25	0,832	0,000	0,000	3,37	0,00	0,00
IDHM-L	1	283	24,98	0,25	0,053	0,216	0,524	0,21	0,87	2,10
	2	298	26,30	0,26	0,094	0,339	0,290	0,36	1,29	1,10
	3	276	24,36	0,24	0,206	0,292	0,186	0,85	1,20	0,76
	4	276	24,36	0,24	0,646	0,153	0,000	2,65	0,63	0,00
IDHM-R	1	287	25,33	0,25	0,000	0,000	1,000	0,00	0,00	3,95
	2	290	25,60	0,26	0,000	0,508	0,000	0,00	1,99	0,00
	3	280	24,71	0,25	0,000	0,492	0,000	0,00	1,99	0,00
	4	276	24,36	0,24	1,000	0,000	0,000	4,11	0,00	0,00
PIB per capto	1	283	24,98	0,25	0,000	0,148	0,730	0,00	0,59	2,92
	2	284	25,07	0,25	0,000	0,436	0,226	0,00	1,74	0,90
	3	283	24,98	0,25	0,192	0,416	0,044	0,77	1,67	0,18
	4	283	24,98	0,25	0,808	0,000	0,000	3,24	0,00	0,00

Como forma de ilustrar um melhor detalhamento da distribuição dos municípios por unidade federativa e seus perfis alocados para ambos os anos, apresenta-se as tabelas 4 e 5.

**Tabela 4** – Percentual de municípios por perfil, 2000.

UF	P1	P2	P3	PM12	PM13	PM21	PM23	PM31	PM32	Amorfos	Valor-p
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	
Alagoas	03 (7,89)	02 (5,26)	22 (57,89)	00 (0,00)	00 (0,00)	01 (2,63)	03 (7,89)	05 (13,16)	00 (0,00)	02 (5,26)	
Bahia	35 (13,21)	83 (31,32)	33 (12,45)	19 (7,17)	01 (0,38)	26 (9,81)	29 (10,94)	19 (7,17)	01 (0,38)	19 (7,17)	
Ceará	18 (12,00)	61 (40,67)	14 (9,33)	08 (5,33)	00 (0,00)	17 (11,33)	13 (8,67)	18 (12,00)	00 (0,00)	01 (0,67)	
Minas Gerais	23 (27,06)	19 (22,35)	07 (8,24)	10 (11,76)	00 (0,00)	08 (9,41)	06 (7,06)	05 (5,88)	00 (0,00)	07 (8,24)	
Paraíba	20 (11,76)	62 (36,47)	20 (11,76)	12 (7,06)	00 (0,00)	21 (12,35)	19 (11,18)	11 (6,47)	01 (0,59)	04 (2,35)	<0,001
Pernambuco	29 (23,77)	38 (31,15)	13 (10,66)	08 (6,56)	00 (0,00)	09 (7,38)	13 (10,66)	09 (7,38)	01 (0,72)	02 (1,64)	
Piauí	06 (4,72)	17 (13,39)	65 (51,18)	06 (4,72)	00 (0,00)	07 (5,51)	06 (4,72)	12 (9,45)	01 (0,89)	07 (5,51)	
Rio Grande do Norte	37 (25,17)	44 (29,93)	04 (2,72)	17 (11,06)	00 (0,00)	24 (16,33)	09 (6,12)	07 (4,76)	00 (0,00)	05 (3,40)	
Sergipe	04 (13,79)	08 (27,59)	02 (6,90)	02 (6,90)	00 (0,00)	05 (17,24)	06 (20,69)	00 (0,0)	00 (0,00)	02 (6,90)	

\*aplicação do teste Qui-quadrado

**Tabela 5**– Percentual de municípios por perfil, 2010.

UF	P1	P2	P3	PM12	PM13	PM21	PM23	PM31	PM32	Amorfos	Valor-p
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	
Alagoas	03 (7,89)	03 (7,89)	22 (57,89)	00 (0,00)	00 (0,00)	00 (0,00)	04 (10,53)	06 (15,79)	00 (0,00)	00 (0,00)	
Bahia	32 (12,08)	88 (33,21)	43 (16,23)	20 (7,55)	00 (0,00)	26 (9,81)	28 (10,57)	17 (6,42)	01 (0,38)	10 (3,77)	
Ceará	20 (13,33)	40 (26,67)	16 (10,67)	12 (8,00)	00 (0,00)	24 (16,00)	13 (8,67)	18 (12,00)	00 (0,00)	07 (4,67)	
Minas Gerais	21 (24,71)	17 (20,00)	04 (4,71)	27 (31,76)	00 (0,00)	08 (9,41)	05 (5,88)	01 (1,18)	00 (0,00)	02 (2,35)	
Paraíba	24 (14,02)	59 (34,71)	16 (9,41)	13 (7,65)	00 (0,00)	20 (11,76)	17 (10,00)	17 (10,00)	00 (0,00)	04 (2,35)	<0,001
Pernambuco	16 (13,11)	31 (25,41)	18 (14,75)	09 (7,38)	00 (0,00)	13 (10,66)	14 (11,48)	12 (9,84)	01 (0,82)	08 (6,56)	
Piauí	06 (4,72)	16 (12,60)	49 (38,58)	04 (3,15)	00 (0,00)	09 (7,09)	14 (11,02)	22 (17,32)	02 (1,57)	05 (3,94)	
Rio Grande do Norte	40 (27,21)	55 (37,41)	07 (4,76)	10 (6,80)	00 (0,00)	26 (17,69)	04 (2,72)	03 (2,04)	00 (0,00)	02 (1,36)	
Sergipe	05 (17,24)	10 (34,48)	01 (3,45)	02 (6,90)	01 (3,45)	07 (24,14)	00 (0,00)	01 (3,45)	00 (0,00)	02 (6,90)	

\*aplicação do teste Qui-quadrado

**Municípios que se encontravam nas Piores condições de Vulnerabilidade Sociodemográficas, por Unidade Federativa, 2000.**

**Minas Gerais:** BONITO DE MINAS, FRUTA DE LEITE, MONTE FORMOSO, SANTA CRUZ DE SALINAS, SANTO ANTÔNIO DO RETIRO, SÃO JOÃO DAS MISSÕES E VERDELÂNDIA.

**Bahia:** ÁGUA FRIA, ANAGÉ, ARACI, BARRA, BOA NOVA, BOA VISTA DO TUPIM, BOM JESUS DA SERRA, BROTAS DE MACAÚBAS, BURITIRAMA CAÉM, CANSANÇÃO, CORONEL JOÃO SÁ, FILADÉLFIA, ITAETÉ, ITAPICURU, LAJEDINHO, MAETINGA, MATINA, MIRANGABA, MIRANTE, MONTE SANTO, MULUNGU DO MORRO, NORDESTINA, PALMAS DE MONTE ALTO, PARATINGA, PEDRO ALEXANDRE, PILÃO ARCADE, PONTO NOVO, QUIJINGUE, RAFAEL JAMBEIRO, RIBEIRA DO AMPARO SANTA BRÍGIDA e SÁTIRO DIAS.

**Piauí:** ACAUÃ, AVELINO LOPES, BELA VISTA DO PIAUÍ, BELÉM DO PIAUÍ, BETÂNIA DO PIAUÍ, BREJO DO PIAUÍ, BURITI DOS MONTES, CAJAZEIRAS DO PIAUÍ, CALDEIRÃO GRANDE DO PIAUÍ, CAMPINAS DO PIAUÍ, CAMPO ALEGRE DO FIDALGO, CAMPO GRANDE DO PIAUÍ, CANAVIEIRA, CAPITÃO GERVÁSIO OLIVEIRA, CARACOL, CARIDADE DO PIAUÍ, COLÔNIA DO PIAUÍ, CURRAIS, CURRAL NOVO DO PIAUÍ, DOMINGOS MOURÃO, DOM INOCÊNCIO, FLORES DO PIAUÍ, FLORESTA DO PIAUÍ, FRANCISCO MACEDO, GEMINIANO, GUARIBAS, ISAÍAS COELHO, JACOBINA DO PIAUÍ, JUAZEIRO DO PIAUÍ, JÚLIO BORGES, JUREMA, LAGOA DO BARRO DO PIAUÍ, LAGOA DE SÃO FRANCISCO, LAGOA DO SÍTIO, MASSAPÊ DO PIAUÍ, MILTON BRANDÃO, MORRO CABEÇA NO TEMPO, NAZARÉ DO PIAUÍ, PADRE MARCOS, PAQUETÁ, PAVUSSU, PEDRO II, PEDRO LAURENTINO, NOVA SANTA RITA, PIMENTEIRAS, QUEIMADA NOVA, RIBEIRA DO PIAUÍ, SÃO BRAZ DO PIAUÍ, SÃO FRANCISCO DE ASSIS DO PIAUÍ, SÃO FRANCISCO DO PIAUÍ, SÃO JOÃO DA CANABRAVA, SÃO JOÃO DA FRONTEIRA, SÃO JOÃO DA SERRA, SÃO JOÃO DA VARJOTA, SÃO JOSÉ DO DIVINO, SÃO JOSÉ DO PIAUÍ, SÃO MIGUEL DO FIDALGO, SÃO MIGUEL DO TAPUIO, SEBASTIÃO LEAL, SOCORRO DO PIAUÍ, TANQUE DO PIAUÍ, VÁRZEA BRANCA, VERA MENDES, VILA NOVA DO PIAUÍ, WALL FERRAZ.

**Ceará:** AIUABA, ARARIPE, ASSARÉ, CHORÓ, CROATÁ, GRAÇA, GRANJEIRO,

ITATIRA, MIRAÍMA, PORANGA, SABOEIRO, SALITRE, TAMBORIL, TARRAFAS.

**Rio Grande do Norte:** JOÃO DIAS, LAGOA DE PEDRAS, PEDRA PRETA e VENHA-VER.

**Paraíba:** ALGODÃO DE JANDAÍRA, CACIMBAS, CASSERENGUE, DAMIÃO DONA INÊS, GADO BRAVO, IMACULADA, JURU, MANAÍRA, MARCAÇÃO MATURÉIA, NOVA OLINDA, POÇO DANTAS, SANTA CECÍLIA, SANTA INÊS SANTANA DE MANGUEIRA, SÃO JOÃO DO TIGRE, SÃO JOSÉ DE CAIANA SERIDÓ e VIEIRÓPOLIS.

**Pernambuco:** BUÍQUE, CAETÉS, CARNAUBEIRA DA PENHA, DORMENTES IATI, JUCATI, LAGOA DO OURO, MANARI, SANTA CRUZ, SANTA FILOMENA TEREZINHA, TUPANATINGA, VERTENTE DO LÉRIO.

**Sergipe:** POÇO REDONDO, PORTO DA FOLHA.

**Alagoas:** BELO MONTE, CANAPI, CARNEIROS, COITÉ DO NÓIA, CRAÍBAS ESTRELA DE ALAGOAS, GIRAU DO PONCIANO, IGACI, INHAPI, JARAMATAIA, MAJOR ISIDORO, MARAVILHA, MATA GRANDE, MINADOR DO NEGRÃO, MONTEIRÓPOLIS, OLIVENÇA, OURO BRANCO, PARICONHA POÇO DAS TRINCHEIRAS, SÃO JOSÉ DA TAPERÁ, SENADOR RUI PALMEIRA e TRAIPIU.

**Municípios que se encontram nas Piores condições de vulnerabilidade Sociodemográficas, por Unidade Federativa, 2010.**

**Minas Gerais:** BONITO DE MINAS, MONTE FORMOSO, NINHEIRA E SÃO JOÃO DAS MISSÕES.

**Bahia:** ADUSTINA, ÁGUA FRIA, AMÉRICA DOURADA, ANDARAÍ, ARACI BARRA, BIRITINGA, BOA VISTA DO TUPIM, BOM JESUS DA SERRA BREJOLÂNDIA, BURITIRAMA, CAÉM, CAETANOS, CAMPO ALEGRE DE LOURDES, CANSANÇÃO, GENTIO DO OURO, IBIQUERA, IPECAETÁ, ITAPICURU, ITIÚBA, LAJEDINHO, LAMARÃO, MACAJUBA, MARCIONÍLIO SOUZA, MIRANGABA, MIRANTE, MONTE SANTO, MULUNGU DO MORRO MUQUÉM DE SÃO FRANCISCO, NORDESTINA, NOVA ITARANA, NOVO TRIUNFO, OLINDINA, OLIVEIRA DOS BREJINHOS, PEDRO ALEXANDRE PILÃO ARCADE, PRESIDENTE JÂNIO QUADROS, QUIJINGUE, RIBEIRA DO AMPARO, SANTA BRÍGIDA, SÁTIRO DIAS e SÍTIO DO MATO.

UMBURANAS

**Piauí:** ACAUÃ, ALAGOINHA DO PIAUÍ, ASSUNÇÃO DO PIAUÍ, AVELINO LOPES, BETÂNIA DO PIAUÍ, BREJO DO PIAUÍ, CAMPINAS DO PIAUÍ, CAMPO ALEGRE DO FIDALGO, CAPITÃO GERVÁSIO OLIVEIRA, CARACOL, CARIDADE DO PIAUÍ, CORONEL JOSÉ DIAS, CURRAIS, CURRAL NOVO DO PIAUÍ, DOM INOCÊNCIO, FARTURA DO PIAUÍ, FLORES DO PIAUÍ, FLORESTA DO PIAUÍ, GUARIBAS, ISAÍAS COELHO, JACOBINA DO PIAUÍ, JOÃO COSTA, JÚLIO BORGES, JUREMA, LAGOA DO BARRO DO PIAUÍ, LAGOA DE SÃO FRANCISCO, LAGOA DO SÍTIO, MASSAPÊ DO PIAUÍ, MILTON BRANDÃO, MORRO CABEÇA NO TEMPO, PADRE MARCOS PAQUETÁ, PAVUSSU, PEDRO LAURENTINO, NOVA SANTA RITA, PIO IX QUEIMADA NOVA, RIBEIRA DO PIAUÍ, SÃO FRANCISCO DE ASSIS DO PIAUÍ, SÃO JOÃO DA FRONTEIRA, SÃO JOÃO DA VARJOTA, SÃO LUIS DO PIAUÍ, SÃO MIGUEL DO FIDALGO, SÃO MIGUEL DO TAPUIO, SOCORRO DO PIAUÍ, TAMBORIL DO PIAUÍ, VÁRZEA BRANCA, VERA MENDES, WALL FERRAZ.

**Ceará:** AIUABA, APUIARÉS, ARARIPE, CAPISTRANO, CHORÓ, COREAÚ, CROATÁ, IBARETAMA, IBICUITINGA, IRAUÇUBA, ITATIRA, MADALENA, PARAMBU, POTENGI, SALITRE, SANTANA DO CARIRI.

**Rio Grande do Norte:** IELMO MARINHO, JAPI, JOÃO DIAS, LAGOA DE PEDRAS, PEDRA GRANDE, PEDRA PRETA e VENHA-VER.

**Paraíba:** AROEIRAS, BERNARDINO BATISTA, CACIMBAS, CASSERENGUE DAMIÃO, DONA INÊS, GADO BRAVO, IMACULADA, LIVRAMENTO, MANAÍRA, MARCAÇÃO, NATUBA, POÇO DANTAS, SANTA CECÍLIA, SANTANA DE MANGUEIRA, SÃO JOÃO DO TIGRE.

**Pernambuco:** BETÂNIA, BUÍQUE, CAETÉS, CALÇADO, IATI, IBIMIRIM, INAJÁ, ITAÍBA, JUREMA, LAGOA DO OURO, MANARI, PARANATAMA, POÇÃO, SALGADINHO, SANTA CRUZ, SANTA FILOMENA, TEREZINHA e TUPANATINGA.

**Alagoas:** ÁGUA BRANCA, BELO MONTE, CANAPI, CARNEIROS, COITÉ DO NÓIA, CRAÍBAS, DOIS RIACHOS, ESTRELA DE ALAGOAS, GIRAU DO PONCIANO, INHAPI, MATA GRANDE, MONTEIRÓPOLIS, OLHO D'ÁGUA DO CASADO, OLIVENÇA, OURO BRANCO, PALESTINA, PARICONHA, POÇO DAS TRINCHEIRAS, QUEBRANGULO, SÃO JOSÉ DA TAPERÁ, SENADOR RUI PALMEIRA, TRAIPU, POÇO REDONDO.



## **CAPÍTULO 2**

### **ARTIGO 2**

#### **Índice socioeconômico de vulnerabilidade à seca da população do Rio Grande do Norte.**

Izabelly C. M. Tinoco , Paulo Sérgio Lucio, Maria Helena C. Spyrides, Lára de Melo Barbosa

Programa de Pós-Graduação em Demografia - PPGDEM, Departamento de Demografia e Ciências Atuariais, Centro de Ciências e Tecnologia - CCET, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, RN, Brasil

#### **Resumo**

Eventos extremos como ondas de calor, ondas de frio, chuvas intensas, enchentes e secas, têm ocorrido de forma intensa e prolongada, colocando as populações em risco. Essas alterações climáticas podem ser influenciadas por diversos fatores, tais como: variabilidade natural do clima e mudanças no uso da terra (desmatamento e urbanização). Tais alterações ocasionam impactos sobre a população, gerando desastres no processo socioeconômico de uma determinada região e, conseqüentemente, tende a elevar os indicadores de pobreza, pois os fenômenos socioeconômicos e culturais influenciam na capacidade adaptativa da população frente aos impactos, bem como na intensidade e na magnitude destes, neste estudo, especificamente, os impactos da seca. Assim, o objetivo deste trabalho é desenvolver um indicador socioeconômico de vulnerabilidade à seca (ISEVS) para a população do Estado do Rio Grande do Norte, a partir da utilização de técnicas estatísticas de Análise de Componente Principal (ACP), Análise de Agrupamentos (Cluster), Teoria de Probabilidade. Verificou-se que houve um aumento do número de microrregiões, no tocante à situação de vulnerabilidade alta, de 04 para 08, em 2010. Para o ano de 2000, as microrregiões de Mossoró, Seridó Ocidental e Natal possuem ISEVS na categoria muito baixa, ou seja, são as microrregiões com os menores ISEVS, porém as microrregiões de Médio Oeste, Litoral Nordeste, Litoral Sul e Seridó Ocidental possuem os piores indicadores; entretanto, em 2010, verifica-se que estas microrregiões permanecem nesta categoria, sendo acrescida por Umarizal, Angicos, Borborema

Potiguar e Baixa Verde, pois o risco de seca aumentou e, conseqüentemente, sua susceptibilidade.

**Palavras Chave:** Capacidade adaptativa, Exposição ao Risco, Susceptibilidade às Mudanças Climáticas.

## Abstract

Extreme events such as heat waves, cold waves, heavy rains, floods and droughts, there have been intense and prolonged, putting populations at risk. These climate changes can be influenced by several factors such as: natural variability climate and changes in land use (deforestation and urbanization). Such changes cause impacts on the population, in the process generating disasters socio-economic status of a particular region and hence tends to raise poverty indicators, because the phenomena Socio-economic and cultural influence in adaptive capacity against impacts population and in the intensity and magnitude of these in this study, specifically the impact of drought. In this sense, the scientific community has been encouraged to develop and identify areas that are vulnerable as climate change. The objective of this work is to develop a socio-economic indicator of vulnerability to drought (ISEVS) for the population of the State of Rio Grande do Norte, from the use of statistical techniques of Principal Component Analysis (PCA), cluster analysis (Cluster), Theory of Probability and maps Theme for geographic representation. It was found that there was an increase in the number of micro, regarding the situation of High vulnerability of 04 to 08 in 2010. For the year 2000, the micro-regions of Mossoró, Seridó Ocidental e Natal have ISEVS in the very low category, ie, are the micro with ISEVS smaller, but the micro-regions of Médio Oeste, Litoral Nordeste, Litoral Sul e Seridó Ocidental have the worst indicators; however, in 2010, it appears that these micro-remain in this category, being increased by Umarizal, Angicos, Borborema Potiguar and Baixa Verde, because the risk of increased drought and hence its susceptibility.

**Keywords:** Adaptive capacity, risk exposure, susceptibility to climate change.

## Resumen

Los eventos extremos como olas de calor, olas de frío, fuertes lluvias, inundaciones y sequías se han producido en un intenso y prolongado, poniendo las poblaciones en riesgo. Estos cambios climáticos pueden estar influenciados por varios factores, como la variabilidad natural del clima y los cambios en el uso del suelo (deforestación y la urbanización). Estos cambios causan impactos en la población, generando desastres en el proceso socioeconómico de una región determinada y, por tanto, tiende a aumentar los indicadores de pobreza, ya que los fenómenos socioeconómicos y culturales que influyen en la capacidad de adaptación de la población a los impactos frontales, así como la intensidad y la magnitud de estos, en este estudio, específicamente, el impacto de la sequía. El objetivo de este trabajo es desarrollar un indicador socioeconómico de la vulnerabilidad a la sequía (ISEVS) para la población del estado de Río Grande do Norte, a partir de la utilización de técnicas estadísticas Análisis de Componentes Principales (ACP), análisis de conglomerados (Cluster), Teoría de la Probabilidad. Se encontró que hubo un aumento en el número de micro-regiones, con respecto a la alta vulnerabilidad, del 04 al 08 en 2010. Para el año 2000, las micro-regiones de Natal, Seridó occidental y Navidad tienen ISEVS en la categoría muy baja, es decir, son el micro con el más bajo ISEVS, pero las microrregiones del Medio Oeste, Costa Noreste, Costa Sur y el Oeste Seridó tienen los peores indicadores; Sin embargo, en 2010, parece que estas microrregiones permanecen en esta categoría, que se incrementó en Umarizal, Angicos, Borborema Potiguar y Bajo Verde, porque el riesgo de sequía aumenta y en consecuencia, su susceptibilidad.

**Palabras clave:** capacidad de adaptación, de exposición al riesgo, susceptibilidad al cambio climático.

## 1. INTRODUÇÃO

É inevitável não perceber que mudanças climáticas estão ocorrendo, principalmente quando se tem um aumento no registro de extremos climáticos que geram impactos sobre a sociedade com maior frequência e intensidade, como ondas de calor, ondas de frio, chuvas intensas e enchentes. Estas alterações têm sido influenciadas por diversos fatores: variabilidade natural do clima; mudanças no uso da terra (desmatamento e urbanização); aquecimento global devido ao aumento da concentração de gases de efeito estufa e aerossóis na atmosfera (CAVALCANTI et al, 2009).

A maior parte do Brasil está localizada na zona intertropical e devido à esta localização é influenciado pelos sistemas intertropicais, extratropicais e atmosféricos. A região do Nordeste Brasileiro (NEB) possui três regimes de precipitação: Norte (Março-Abril); Leste que vai do RN ao Sul da Bahia (Maio-Julho) e um terceiro regime que abrange outra parte da Bahia (Novembro-Dezembro). O clima dessa região é caracterizado por litorâneo úmido (do litoral da Bahia ao litoral do Rio Grande do Norte-RN); clima tropical úmido (em partes da Bahia, Ceará, Maranhão e Piauí); clima tropical semiárido (que abrange o sertão nordestino) (ALVES et al., 2001; MENEZES et al., 2003; KAYANO e ANDREOLI, 2009).

A importância ecológica do NEB se deve, principalmente, pela existência de um bioma único em sua maior parte: a Caatinga (PRADO, 2003). Nobre e Molion (1988) sugeriram que a semi aridez do NEB é devida à adjacência à Região Amazônica, onde ocorrem movimentos convectivos amplos e intensos, sendo um dos ramos ascendentes da Circulação de Walker.

Eventos extremos como secas e enchentes têm ocorrido de forma mais intensa e prolongada, ocasionando desastres no processo socioeconômico da região e conseqüentemente, elevando os indicadores de pobreza. Assim, a incapacidade dos indivíduos ou grupos, de enfrentar os riscos existentes no seu entorno pode ser entendida como vulnerabilidade (PADOIM e VIRGULIM, 2007).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima-IPCC, relata em seu AR-5 que a temperatura média da superfície global continuará a elevar de 1,5°C a 2°C em meados do século XXI, com essa alteração acentuada, os impactos gerados entre os níveis de reservatório ocasionam a escassez de água e afetam o setor agrícola da região, implicando em efeitos na saúde da população e em processos migratórios, (IPCC, 2013; CONFALONIERI, 2003). Com isso, a comunidade científica tem sido estimulada a avaliar e identificar os níveis de

vulnerabilidade física, biológica e socioeconômicas e demográficas das regiões a que se propõe estudar.

A condição de vulnerabilidade aos impactos das mudanças de tempo e outros desastres é definida por Blaikie et al. (1994) como as características de um grupo ou de uma pessoa, com a capacidade de antecipar, lidar, resistir e recuperar dos impactos de desastres naturais. Assim, os grupos sociais mais vulneráveis serão aqueles que estão em maior exposição ao perigo e mais sensíveis aquela condição de vulnerabilidade; bem como, à capacidade de recuperação de resposta ao perigo.

O conceito de vulnerabilidade é bastante amplo, e com muitas vertentes, ao qual é o resultado da interação que envolve processos físicos e sociais, diante disso, torna-se necessário para a elaboração de planos nacionais de adaptação às mudanças climáticas (CONFALONIERI et al., 2009).

As características sociais, econômicas, culturais, geofísicas e meteorológicas são o que definem a maneira de se enfrentar a seca. Os fenômenos socioeconômicos e culturais influenciam na intensidade e magnitude do impacto gerado pelas secas, assim como a capacidade adaptativa da população frente ao perigo (EMDADHAQUE e BRANCO, 1998).

No contexto demográfico a vulnerabilidade é um forte componente socioeconômico, ou seja, a vulnerabilidade se relaciona com a capacidade socioeconômica da população de dar a resposta ao perigo na questão ambiental, pois eventos como enchentes e deslizamentos colocam a população em uma situação de risco. Na demografia, o risco está associado à probabilidade de alguns eventos da dinâmica demográfica ocorrer, ou seja, a probabilidade (risco) de morte, ou probabilidade (risco) de contrair doença (MARANDOLA e HOGAN, 2005).

Para Hogan e Marandola (2009), quando se insere as mudanças climáticas para avaliar a vulnerabilidade é necessário que se faça um esforço no desenvolvimento e criação de indicadores que possibilitem caracterizar as áreas de maior risco e identificar a população que se encontre mais vulnerável para essas mudanças. Portanto, no contexto das mudanças climáticas, estudos sobre ambiente e sociedade são de fundamental importância no desenvolvimento de indicadores para a identificação e caracterização das áreas de maior risco e dos grupos populacionais mais vulneráveis às mudanças climáticas. O estudo da vulnerabilidade socioeconômica é importante no sentido de identificar as regiões que se encontram em situações extremas de vulnerabilidade, bem como verificar similaridades entre as microrregiões em relação àquela vulnerabilidade.

O objetivo deste estudo é verificar o comportamento da vulnerabilidade para as microrregiões do RN em relação aos efeitos da seca, a partir do desenvolvimento de indicadores de vulnerabilidade socioeconômicos; bem como, identificar as microrregiões mais vulneráveis àqueles efeitos, no sentido de promover subsídios ao poder público para mitigar ações junto às populações mais susceptíveis e expostas ao risco.

## **1.2. Região Nordeste**

A Região Nordeste do Brasil (NEB) compreende 09 (nove) estados sendo eles: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe, possuindo uma área de extensão 1.558.196 km<sup>2</sup> (IBGE, 2013). A região é equivalente a cerca de 18% do território brasileiro, estando nesta área, inserida a região semiárida, que ocupa uma área que abriga 63% da população nordestina, com cerca de 900 mil km, correspondendo a cerca de 70% da região Nordeste e 13% do território brasileiro. A maior parte do Nordeste do Brasil (NEB) apresenta clima semiárido com intensa variabilidade temporal e espacial de chuvas (MOLION; BERNARDO, 2002; ALBUQUERQUE *et al.*, 2009) associada historicamente a significativos impactos sociais e econômicos sobre a região descritos em, por exemplo, Souza Filho e Moura (2006).

Do ponto de vista dos recursos hídricos, ela contempla as regiões hidrográficas do Atlântico Nordeste Ocidental, da Paraíba, do Atlântico Nordeste Oriental, do São Francisco e Atlântico Leste (BRASIL, 2012).

Segundo Duarte (1992), a singularidade da região é caracterizada por precipitações pluviométricas irregulares, períodos de seca, deficiência hídrica, intermitência dos rios, solos rasos e ecossistemas xerófilos. As brisas, sempre presentes em todo litoral nordestino, são mecanismos que produzem chuvas leves e de curta duração. Nobre e Molion (1988) sugeriram que a confluência dos alísios com a brisa de terra (noturna) possa ser um dos mecanismos importantes na produção de chuva na região costeira.

De acordo com Molion e Bernardo (2002), o norte do NE (NNE) abrange o Ceará e partes do Rio Grande do Norte, Piauí, Maranhão e oeste da Paraíba e de Pernambuco, e foi caracterizado pelo posto pluviométrico de Quixeramobim (CE), com o máximo de chuva no mês de março. O NEB apresenta grande variabilidade de chuvas com regiões com precipitação de 500 mm/ano e outras com mais de 1400 mm/ano (Souza Filho, 2003), sendo que os quatro meses mais chuvosos estão entre fevereiro e maio (FMAM) e os principais mecanismos de produção de

chuva no NNE são a ZCIT, a convergência de umidade (brisas e POAs), a convecção local e, muito raramente, a influência direta das frentes frias (HASTENRATH e LAMB, 1977). A estação chuvosa distribui-se entre dezembro e julho e subdivide-se em: a) pré-estação chuvosa (dezembro e janeiro), durante a qual os principais sistemas causadores de chuva são a proximidade das frentes frias e os vórtices ciclônicos de ar superior; b) "quadra chuvosa" ou estação chuvosa propriamente dita (de fevereiro a maio), que tem a zona de convergência intertropical-ZCIT como principal sistema causador de chuva, impactando o setor norte do NEB, seguido de sistemas secundários, tais como linhas de instabilidade, Complexos Convectivos de Mesoescala e efeitos de brisa (UVO e NOBRE, 1987); c) pós-estação chuvosa (junho e julho), em que os sistemas causadores de chuva mais importantes são as ondas de leste, que atuam principalmente sobre o leste do NEB, e os complexos convectivos de Mesoescala. No segundo semestre, há um predomínio de altas pressões atmosféricas e uma quase total ausência de fenômenos atmosféricos causadores de chuva, caracterizando a estação seca.

Diversos autores identificam o aumento da temperatura planetária (incluindo o Brasil) nas últimas décadas, combinado com modificações nos campos de precipitação, associando essas ocorrências às Mudanças Climáticas (MARENGO e VALVERDE, 2007; MARENGO e SOARES, 2005). Estas têm sido alvo de discussões e pesquisas científicas em todo mundo com vistas ao entendimento de sua ocorrência (IPCC, 2007; NOBRE, 2005), assim como a identificação e a avaliação dos possíveis impactos ambientais, sociais e econômicos (IPCC, 2007b) e a elaboração de medidas mitigatórias que minimizem as consequências adversas das mesmas. Dentre estas, os estudos voltados para a área de saúde pública, como o controle epidemiológico correlacionado aos fatores climáticos. Silveira *et al.* (2012), citam o efeito dos fatores antropogênicos sobre tais mudanças climáticas. Sendo assim, torna-se relevante para o desenvolvimento de políticas públicas a identificação das alterações na ocorrência do clima nesta região (SILVEIRA *et al.*, 2012).

### **1.3. Climatologia do Rio Grande do Norte**

O clima de uma Região é definido em grande parte pela circulação que ocorre na atmosfera, pois os padrões de circulação que são gerados nesta, fazem a distribuição do calor, umidade e momentum (quantidade de movimento) por todo o globo, no entanto essa distribuição não é

homogênea, reduzindo a variabilidade dos componentes climáticos, e conseqüentemente, causando influência nas atividades humanas (AZEVEDO, 2004).

O Estado apresenta uma variabilidade temporal e espacial elevada, corroborando com a ocorrência de eventos extremos como secas e inundações (SILVA e LÚCIO, 2014). Os fenômenos El Niño-Oscilação Sul (ENOS); Temperatura da superfície do mar (TSM) na bacia do oceano Atlântico, Ventos Alísios, Pressão ao Nível do Mar (PNM); Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o oceano Atlântico, 4) Frentes Frias, e 5) Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), atuam no regime de chuvas na região do NEB. Além desses fenômenos podemos destacar também a atuação das linhas de Instabilidade (LI), dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) (Ramos et Ali, 1994), e do efeito das brisas marítima e terrestre na precipitação, são os mecanismos que influenciam na variabilidade climática da região (UVO; BERNDTSSON, 1996).

O principal Sistema meteorológico que atua no NEB é a Zona de Convergência Intertropical-ZCIT, este sistema está associado o eixo do equador, e suas variações em posição e intensidade que estão diretamente relacionadas às alterações nas posições e intensidades das altas subtropicais do Atlântico Norte e Sul. A ZCIT está associada, no Atlântico, a convergência dos ventos alísios de Nordeste e Sudeste, com movimentos ascendentes, baixas pressões, nebulosidades e chuvas abundantes e segue, preferencialmente, as regiões em que a temperatura da superfície do mar TSM é mais elevada (MARENGO et al., 2011).

A primeira classificação climática no mundo foi desenvolvida por Wladimir Koppen em 1900, porém em 1961 Rudolf Geiger fez uma atualização onde levava em consideração à sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação, Quadro 1 e Fig. 1 (KOTTEK et al., 2006).

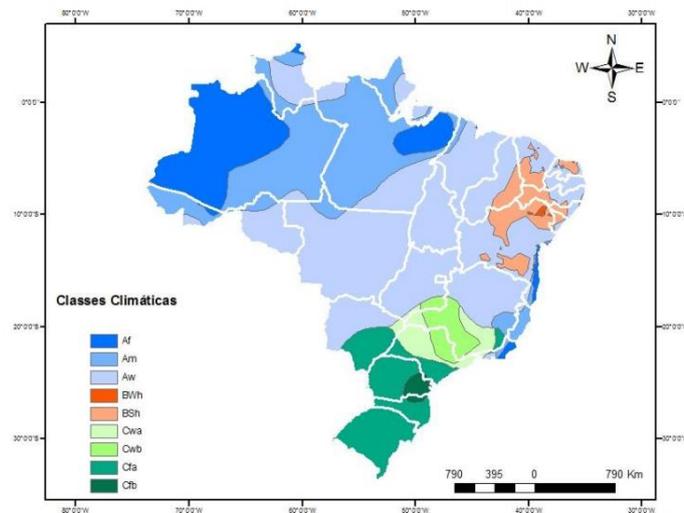


Figura 1- Mapa de classificação climática de Koppen-Geiger para o Brasil.

Fonte: SAMPAIO et al., 2011.

Quadro 1: Tipos climáticos de Koppen-Geiger para o Brasil.

<b>Tipos climáticos de Koppen-Geiger</b>	
Af	Equatorial úmido
Am	Tropical de monção (chuvas no verão)
Aw	Tropical de savana com estação seca de inverno
BWh	Árido desértico seco e quente
BSh	Semiárido seco e quente
Cfa	Temperado úmido com verão quente
Cfb	Temperado úmido com verão temperado
Cwa	Temperado úmido com inverno seco e verão quente
Cwb	Temperado úmido com inverno seco e verão morno

Fonte: Koppen, 1900; Geiger, 1961.

Segundo o instituto de desenvolvimento sustentável e meio ambiente do Rio Grande do Norte - IDEMA o Estado possui 5 tipos de clima sendo eles:

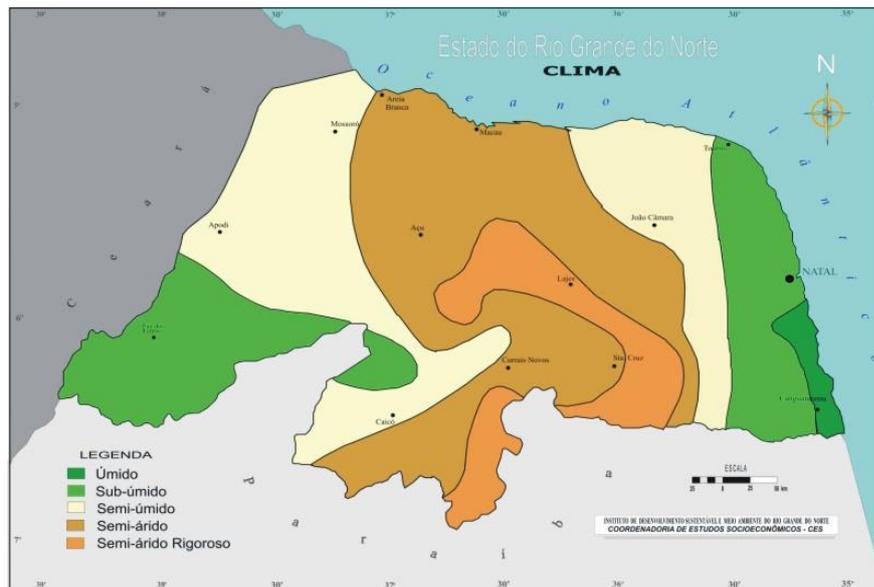


Figura 2 – Mapa do clima do Rio Grande do Norte  
 Fonte: Anuário Estatístico- IDEMA, 2010.

I - Clima úmido é o clima de uma pequena área do litoral do Estado que vai do Município de Baía Formosa ao de Nísia Floresta, onde a média anual de chuvas fica acima de 1.200 milímetros. Esse clima, na classificação de KOPPEN, equivale ao tropical chuvoso, com verão seco e com a estação chuvosa prolongando-se até os meses de julho/agosto.

II - Clima subúmido. Esse clima vai do litoral de Parnamirim/Natal até o litoral de Touros, abrange também trechos da região serrana de Luís Gomes, Martins, Portalegre e as partes mais elevadas da Serra João do Vale. As médias pluviométricas anuais situam-se entre 800 e 1.200 milímetros de chuvas. Equivale na CLASSIFICAÇÃO DE KOPPEN ao clima tropical chuvoso, com inverno seco e com a estação chuvosa prolongando-se até o mês de julho.

III - Clima semiúmido seco. Esse tipo de clima abrange áreas da Chapada do Apodi e das Serras de Santana, São Bernardo e Serra Negra do Norte. As médias de precipitação situam-se entre 600 e 800 milímetros de chuvas por ano. Na classificação de KOPPEN esse clima equivale à transição entre o Tropical Típico (Aw) e o Semiárido (Bs).

IV - Clima semiárido. Esse clima abrange o Vale do Açu, parte do Seridó e do Sertão Central e o litoral que vai de São Miguel do Gostoso ao município de Areia Branca. Portanto, é o de maior abrangência no território estadual. Neste clima as médias de precipitação variam de 400 a 600 milímetros de chuvas por ano. Na Classificação de KOPPEN equivale ao clima semiárido (Bs).

V - Clima semiárido intenso é o clima mais seco do Estado, pois a média anual fica em torno 400 de milímetros de chuvas. Esse tipo climático equivale na classificação de KOPPEN ao Clima-Árido (Bw) e abrangem os territórios municipais de Equador, Parelhas e Carnaúba dos Dantas no Seridó e São Tomé, Lajes, Pedro Avelino, Fernando Pedrosa, Angicos e Afonso Bezerra.

O Rio Grande do Norte possui 90,6% do seu território localizado na região do Polígono das Secas<sup>1</sup> e é classificado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) como o segundo mais quente do Brasil, atrás somente do Piauí.

#### 1.4. Vulnerabilidade Socioeconômica

A vulnerabilidade ocorre apenas quando o risco está presente, ou seja, se não há o risco, a vulnerabilidade não acontece (YUNES; SZYMANSKI, 2001). Para Janczura (2012), "a palavra vulnerável origina-se do verbo latim *Vulnerare*, que significa ferir, penetrar. Por essas raízes etimológicas, vulnerabilidade é um termo geralmente usado na referência de predisposição às desordens ou de susceptibilidade ao estresse".

Cutter (1996) faz uma descrição dos conceitos de vulnerabilidade em diferentes aspectos, seja na avaliação de desastres naturais ou no risco das populações expostas a um perigo.

Segundo Hogan e Marandola (2007), a vulnerabilidade envolve as condições sociais, econômicas, demográficas, geográficas entre outras que interferem na capacidade de dar resposta frente a uma exposição. Segundo o IPCC (2014), o termo engloba uma variedade de conceitos e elementos, incluindo sensibilidade ou susceptibilidade a danos e falta de capacidade para lidar e se adaptar.

"A vulnerabilidade tem origem na exposição de populações, lugares e instituições e, portanto, à maior ou menor fragilidade dos assentamentos humanos a determinado fenômeno perigoso com dada severidade, devido à sua localização, área de influência ou resiliência intrinsecamente ligada a

---

<sup>1</sup> O Polígono abrange oito Estados nordestinos - o Maranhão é a única exceção -, além da área de atuação da Adene em Minas Gerais, com 121.490,9 km<sup>2</sup>, e compreende as áreas sujeitas repetidamente aos efeitos das secas. Já o Semiárido ocupa 841.260,9 km<sup>2</sup> de área no Nordeste, nas regiões do Agreste e Sertão nordestino e outros 54.670,4 km<sup>2</sup> em Minas Gerais e caracteriza-se por apresentar reservas insuficientes de água em seus mananciais, nas regiões do Agreste e Sertão Nordestinos (Ministério da Integração Nacional, 2005).

diferentes condições ambientais, sociais, econômicas e políticas" (NOBRE et al., 2010).

A sobreposição espacial ou a coexistência de pessoas muito pobres com uma privação social (vulnerabilidade social), juntamente com as áreas de risco ou degradação ambiental (vulnerabilidade ambiental), são consideradas como tipos de vulnerabilidade socioambiental. Segundo Brower et al. (2009), a pobreza é um determinante importante da vulnerabilidade socioeconômica; bem como, é uma restrição da capacidade adaptativa, pois a alta vulnerabilidade expõe a população ao risco ambiental.

No âmbito da economia, a situação de pobreza torna as pessoas mais expostas ao risco, pois a baixa escolarização, condições precárias de saúde e de nutrição, moradias precárias em locais ambientalmente degradados e condições sanitárias inadequadas, tornam as pessoas mais susceptíveis, reduzindo a capacidade de resposta frente a um perigo (CARNEIRO e VEIGA, 2004).

Segundo KOWARICK (2002), a vulnerabilidade no contexto socioeconômico está interligada com a vulnerabilidade civil, pois o motivo das pessoas viverem na condição de vulnerabilidade é justamente o fato de não terem alcançado seus direitos básicos da cidadania.

Segundo o relatório do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (BRASIL, 2013), em seu estudo sobre Vulnerabilidade das Famílias no contexto da economia, que trata da incapacidade da família de responder em tempo hábil a eventos de ordem social e ambiental, diz que no Estado do RN o índice de vulnerabilidade da família foi reduzido de 2000 a 2010 em 14,8%.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O Rio Grande do Norte (RN) está localizado na região Nordeste Brasileira (NEB) e tem por limites o Oceano Atlântico ao norte e a leste, a Paraíba ao sul e o Ceará a oeste. Segundo Censo Demográfico do IBGE (Brasil, 2012), o RN compreende 167 municípios distribuídos em uma área total de 52.811,047 km. Em 2000, possuía uma população de 2.776.782 (hab.), densidade demográfica de 52,22 (hab./km) e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,552. Em 2010, a densidade demográfica foi de 59,99 (hab./km) e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) 0,684, com uma população estimada de 3.373.959 hab.

O litoral do RN possui uma extensão territorial de 400 km, o qual apresenta grande área de dunas e formações arenosas que são conduzidas pela direção dos ventos alísios (são ventos de baixo nível atmosféricos, caracterizados por ter consistência em sua direção), intensos e constantes nesta região da costa brasileira.

Para o estudo foram selecionadas 14 variáveis que refletem a vulnerabilidade socioeconômica das 19 microrregiões do Estado do RN, baseado no referencial teórico e distribuídas entre as categorias: Climatologia, Demografia, Educação, Economia e Desenvolvimento.

O estudo foi realizado em microrregiões, pois os dados climatológicos de precipitação, não contemplam todos os Municípios do RN. Os dados de precipitação foram coletados na Empresa de pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte - EMPARN e Atlas de desastres Naturais de 1964 a 2008, os Decretos de Seca de 1990 a 2000.

Foi utilizada a técnica estatística Multivariada de Análise de Cluster para identificar as áreas que são homogêneas quanto ao volume de chuva, obtendo retratos que simbolizam e confirmam a diferença do volume de chuva entre os anos de 2000 e 2010, para isso foi utilizado os *Softwares R-Project* e *Arc GIS* (SILVA e LÚCIO, 2014).

Foram coletados dados para as categorias de demografia, educação, economia e desenvolvimento, no Departamento de Informática do SUS - Ministério da Saúde (MS), Instituto Brasileiro de Geografia e estatística - IBGE e no Atlas de Desenvolvimento Humano. Na categoria de demografia foram coletadas informações referentes à densidade populacional e ao grau de urbanização. Já na economia foram considerados índices de: pessoas que recebem até ½ salário mínimo (pobreza) (%), pessoas que recebem até ¼ de salário mínimo (extrema pobreza) (%) e desemprego (%). Na Educação, a variável considerada foi taxa de analfabetismo. Para a categoria de Desenvolvimento: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-

M), domicílios com acesso a abastecimento de água (%), domicílios com acesso à coleta de lixo (%), domicílios com esgotamento sanitário (%), domicílios com acesso à energia elétrica (%) e Renda *per capita*.

## 2.1. Justificativa das variáveis por componentes

Para a coleta dos dados para o desenvolvimento do índice de Vulnerabilidade Socioeconômica, foram levantadas as seguintes justificativas das variáveis por componentes:

- a) **Índice de Extremos de Seca** – O índice de extremos de seca tem por base o SPI que é um indicador de precipitação pluviométrica que quantifica o déficit ou excesso de precipitação para diferentes escalas de tempo, refletindo o impacto causado pela seca, caso haja (SILVA;LOPO,BARRETO;LUCIO, 2011). A falta de chuva provoca prejuízos incalculáveis, por exemplo, na agricultura (FRANKE e HACKBART, 2008).
- b) **Densidade Demográfica** - o número médio de indivíduos que ocupam determinado espaço é importante no sentido de verificar a habitação improvisada geralmente em lugares onde não existe infraestrutura adequada para sobrevivência (MACEDO et al., 2011);
- c) **Grau de Urbanização** - a ocupação de espaços urbanos que possuem uma precariedade de recursos para dignidade humana, desencadeia uma susceptibilidade a desastres relacionados ao ambiente (MACEDO et al., 2011);
- d) **Renda Média Domiciliar *per capita*** - estimativa média anual da renda domiciliar, contribuindo para análise social e identificando áreas onde necessita de um olhar mais rigoroso, na intensificação de ações de investimento sociais. A componente é utilizada pelo Índice de vulnerabilidade Socioeconômico, criado pela FIOCRUZ - Brasil;
- e) **Taxa de Analfabetismo** - o grau de instrução é determinante no que se diz respeito ao lugar de moradia, pois se um indivíduo possui um grau de instrução um pouco mais elevado, conseqüentemente sua condição de vida será melhor, assim obterá um nível melhor de vida (SILVA, 2007);
- f) **Taxa Salarial** - são de caráter mais econômico e não consideram a distribuição de faixas. São taxas de pessoas que recebem até ½ salário mínimo (%), de pessoas que recebem até ¼ de salário mínimo (%) e de desempregados (%). As componentes são utilizadas no

Índice de Desenvolvimento da Família - IDF, na dimensão de disponibilidade de recursos. Desempregado é utilizado pelo DRI, indicador construído pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - UNDP;

- g) **Indicadores Sociais e de Qualidade de Vida** - expressam a condição de vida da população (LIBANIO; CHERNICHARO; NASCIMENTO, 2005). São eles o IDH-M, domicílios com acesso a abastecimento de água (%), domicílios com acesso à coleta de lixo (%), domicílios com esgotamento sanitário (%), domicílios com acesso à energia elétrica (%).

## **2.2. Descrição dos Componentes da função de vulnerabilidade socioeconômica, diante da anomalia de seca.**

### **Componentes da vulnerabilidade**

A vulnerabilidade é definida considerando-se três componentes: exposição ao risco (H); susceptibilidade ou sensibilidade (S) e capacidade de adaptação (CA) diante do risco (MOSER, 1998).

- a) **Exposição** - refere-se ao que está em risco frente às mudanças climáticas e quais mudanças está a enfrentar;
- b) **Sensibilidade ou Susceptibilidade** - é o efeito biofísico da mudança climática, considerando contexto socioeconômico; e
- c) **Capacidade Adaptativa** - capacidade de resposta que um sistema tem frente à variabilidade do clima e aos eventos extremos.

Portanto, diante dessas definições o estudo da situação de vulnerabilidade, referente à anomalia de seca, será dividido em três etapas, onde:

- A exposição (risco) da população é a seca, medida com base SPI;
- A sensibilidade ou susceptibilidade foi composta pelas categorias: Demográfica, Educação e Econômica; e
- A capacidade adaptativa pelo grupo do Desenvolvimento.

## **2.3. Preparação dos dados**

O Índice de desenvolvimento Humano Municipal é fornecido pela PNUD, assim para a elaboração de um índice a nível microrregional foi realizada uma ponderação em função da população correspondente a cada microrregião, para os anos de 2000 e 2010.

$$IDHM_p = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot população_i}{População Total de cada micro} , \forall i = 1, 2, \dots, n$$

Sendo, n: municípios que compõem cada microrregião;  $x_i$ : indicador de cada município i; população: tamanho da população correspondente à microrregião i.

#### a. Indicador de Vulnerabilidade a seca da população do RN.

**1º passo:** Seleção de variáveis para cada componente da vulnerabilidade.

**Quadro 3** – Variáveis inseridas em cada componente da vulnerabilidade.

<b>Exposição</b>	<b>Susceptibilidade</b>	<b>Capacidade Adaptativa</b>
<b>O que está em risco?</b> · A população	Densidade Populacional Grau de Urbanização Taxa de Analfabetismo	Esgotamento Sanitário Abastecimento de Água Coleta de Lixo
As mudanças a enfrentar: - Seca	Taxa de Desempregados Taxa de Pobreza Taxa de Extrema Pobreza	Rendimento per capto IDH - M Energia

**2º passo:** Aplicação da Técnica Multivariada de Componentes Principais com o objetivo principal de encontrar os scores referentes a cada componente da vulnerabilidade.

**3º passo:** Atribuir notas que variam de 0 a 1 com auxílio da Distribuição de Probabilidade Normal para componentes de da vulnerabilidade (susceptibilidade e capacidade adaptativa). Para o indicador de exposição à seca foi feita uma normalização dos dados com a seguinte fórmula:

$$I_p = \frac{I_{\text{observado}} - \text{Mínimo}_1}{\text{Máximo}_1 - \text{Mínimo}_1}$$

Sendo,

$I_{\text{observado}}$  é o valor observado do indicador I;  $Mínimo_I$  é o menor valor observado do indicador I;  $Máximo_I$  é o maior valor observado do indicador I.

**4º passo:** Aplicação da Técnica Multivariada de *Cluster*, com o objetivo de identificar os grupos das 19 microrregiões do RN que se encontram similares em relação às três componentes, para os dois anos de estudo 2000 e 2010.

**5º passo:** Criação do Indicador de Vulnerabilidade com a Função abaixo:

$$V = P(R \cup S \cup \overline{CA}) = P(R) + P(S) + P(\overline{CA}) - P(R \cap S) - P(S \cap \overline{CA}) - P(R \cap \overline{CA}) + P(R \cap S \cap \overline{CA})$$

Deste modo podemos interagir as três componentes da vulnerabilidade Risco (R), Susceptibilidade (S) e Incapacidade Adaptativa (1-CA) tornando o indicador mais robusto. Esta fórmula foi utilizada por Silva, (2014).

**6º passo:** Plotagem dos Mapas temáticos referentes a cada ano de cada componente da vulnerabilidade e da função de vulnerabilidade.

#### **2.4. . Índice de Susceptibilidade aos Extremos de seca:**

Calculado por Silva e Lúcio, (2014) para os períodos de 1974/2003 equivalente ao ano de 2000 e 1979/2008 para 2010, que sugerem o indicador de exposição à seca com a seguinte fórmula:

$$ES = (IB + IG) - IS$$

Sendo,

IB: Índice de inundação Brusca

IG: Índice de inundação Gradual

IS: Índice de Seca

O IS foi gerado através do SPI que foi calculado para o período chuvoso, o valor total estava acumulado em ordem para gerar um único valor para a estação, depois disso , o valor médio foi calculado para a microrregião, por fim , a razão entre este valor e o valor médio de seca. Com a fórmula:

$$IS = \frac{\sum SPI}{N_s}$$

Assim os outros índices procederam da mesma forma:

$$IB = \frac{\sum SPI}{N_b} \quad IG = \frac{\sum SPI}{N_g}$$

Sendo,

$N_s$ : número de seca

$N_b$ : número de inundações bruscas

$N_g$ : número de inundações graduação

## 2.5. Método de componentes principais

A técnica de análise de componentes principais (ACP) tem como principal objetivo explicar a estrutura de variância e covariância de um vetor aleatório, composto de  $p$  variáveis aleatórias, através da construção de combinações lineares das variáveis originais. As combinações lineares são chamadas de componentes principais e são correlacionadas entre si. A partir de  $p$  variáveis originais podemos encontrar  $p$  componentes, com o intuito de reduzir o tamanho do número de variáveis envolvidas, criando assim,  $k$  componentes principais ( $k < p$ ) (MINGOTI, 2005; JHONSON, 2007).

A ACP consiste no cálculo dos autovalores e respectivos autovetores de uma matriz de variâncias e covariâncias ou de uma matriz de coeficientes de correlação entre variáveis. Considerando o vetor aleatório  $X' = [X_1, X_2, \dots, X_p]$  tem matriz de covariância  $\Sigma_{p \times p}$ . Sejam  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$  os autovalores da Matriz e seus autovetores normalizados  $e_1, e_2, \dots, e_p$ .

### Pressupostos:

- i)  $e_i' e_j = 0$  para todo  $i \neq j$
- ii)  $e_i' e_i = 1$  para todo  $i = 1, 2, \dots, p$
- iii)  $\Sigma_{p \times p} e_i = \lambda_i e_i$ , para todo  $i = 1, 2, \dots, p$

Para encontrar a  $j$ -ésima componente da Matriz  $\Sigma_{p \times p}$ ,  $j = 1, 2, \dots, p$  é definida como:

$$Y_j = e_j' X = e_{j1} X_1 + e_{j2} X_2 + \dots + e_{jp} X_p$$

Como a matriz  $\Sigma_{p \times p}$  é desconhecida, então é considerado  $\hat{\lambda}_1, \hat{\lambda}_2, \dots, \hat{\lambda}_p$  autovalores da matriz  $S_{p \times p}$  e os  $\hat{e}_1, \hat{e}_2, \dots, \hat{e}_p$  autovetores normalizados, então a j-ésima componente principal amostral é dada por:

$$\hat{Y}_j = \hat{e}_j' X = \hat{e}_{j1} X_1 + \hat{e}_{j2} X_2 + \dots + \hat{e}_{jp} X_p$$

A correlação estimada da j-ésima componente principal amostral e a variável aleatória  $X_i, i =$

$1, 2, \dots, p$  é dada por:  $r_{\hat{Y}_j, X_i} = \frac{\hat{e}_{ji} \sqrt{\hat{\lambda}_j}}{\sqrt{S_{ii}}}$  onde  $S_{ii}$  é a variância amostral de  $X_i$ .

A matriz de covariância pode ser expressa como:

$$S_{p \times p} = \sum_{j=1}^p \hat{\lambda}_j \cdot \hat{e}_j \cdot \hat{e}_j'$$

Obs.: Deve-se verificar os sinais dos scores gerados pelas componentes, pois nem sempre o sinal negativo indica que é ruim.

## 2.6. Função acumulada da distribuição normal

Sendo  $X$  uma variável aleatória temos uma função de distribuição acumulada de :

$F_X(x) = P(X \leq x)$ , com o  $x$  percorrendo todos os reais.

É importante conhecer a função de distribuição, pois permite obter qualquer informação sobre a variável, e mesmo que a variável apenas assuma valores em um subconjunto dos reais, a função de distribuição é definida em toda reta, assim alguns autores se referem a ela como sendo a Função de distribuição acumulada, por justamente acumular as probabilidades dos valores inferiores ou iguais a  $x$ , assim os valores se assumem entre 0 e 1 (MAGALHAES, 2011). A técnica foi utilizada na obtenção das notas geradas pelos scores da ACP.

## 2.7. Análise de cluster

Análise de agrupamentos, também conhecida como análise de conglomerados, classificação ou *cluster*, tem como objetivo dividir os elementos da amostra, ou população, em grupos de forma que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam similares entre si com respeito às variáveis (características) que neles foram medidas, e os elementos em grupos diferentes sejam heterogêneos em relação a estas mesmas características (MINGOTTI, 2005; JHONSON, 2007). Assim, ao aplicar essa técnica teremos os grupos das regiões que estão em similaridade em relação às variáveis latentes (scores dos fatores) de origem da análise anterior.

Para cada elemento amostral  $j$  (microrregião), tem-se o vetor de medidas  $X_j$ , representado por:

$$X_j = [X_{1j} \ X_{2j} \ \dots \ X_{pj}]', j = 1, 2, \dots, n$$

Onde  $X_{ij}$  é o valor observado da variável  $i$  medida no elemento  $j$ . Para o agrupamento é necessário definir a medida de similaridade ou dissimilaridade utilizada, as medidas de

dissimilaridades relatam quanto menor os seus valores mais similares estão os elementos comparados. Nesse estudo utilizou a distância Euclidiana. O método de ligação Ward avalia os grupos através da dispersão e o mesmo é bastante utilizado.

### 2.7.1. Distância Euclidiana

A distância Euclidiana entre dois elementos  $X_l$  e  $X_k$ ,  $l \neq k$  é definida por:

$d(X_l X_k) = [(X_l - X_k)'(X_l - X_k)]^{1/2} = [\sum_{i=1}^p (X_{li} - X_{ki})^2]^{1/2}$ , assim dois elementos amostrais são comparados em cada variável pertencente ao vetor de observações.

$$d(X_l X_k) = [(X_l - X_k)'(X_l - X_k)]^{1/2} = \left[ \sum_{i=1}^p (X_{li} - X_{ki})^2 \right]^{1/2}$$

### 2.7.2. Método de Ligação Ward

Este método de ligação é fundamentado na mudança de variação entre e dentro dos grupos.

Assim, a distância entre os conglomerados  $C_l$  e  $C_i$  é dada por:

$$d(C_l, C_i) = \left[ \frac{n_l n_i}{n_l + n_i} \right] (\bar{X}_l - \bar{X}_i)' (\bar{X}_l - \bar{X}_i)$$

### 3. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados referentes ao indicador socioeconômico de vulnerabilidade à seca, para às 19 microrregiões do RN.

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que comparando os anos de 2000 e 2010 houve um aumento no número médio de habitantes por Km<sup>2</sup>, como também melhorias acentuadas nos percentuais das condições sanitárias e de desenvolvimento humano em 10 anos decorridos. A respeito da pobreza, extrema pobreza, analfabetismo e desempregados houve uma melhoria.

**Tabela 1** – Estatística descritiva dos componentes susceptibilidade e capacidade adaptativas utilizadas para o Índice de Vulnerabilidade. Anos de 2000 e 2010.

Variáveis	Ano					
	2000			2010		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Densidade Populacional	142,25	12,58	1983,74	168,64	12,57	2395,35
Grau de Urbanização	0,63	0,33	0,97	0,67	0,33	0,99
Taxa de Analfabetismo	30,15	11,20	38,60	23,48	8,00	29,70
Taxa de desempregados	14,93	8,65	20,61	9,53	6,12	12,43
Esgotamento Sanitário	82,89	69,61	97,16	92,707	84,24	98,42
Abastecimento de Água	67,6	46,23	96,56	80,03	65,29	97,57
Coleta de Lixo	62,58	43,4	95,18	75,52	58,86	98,44
Energia	0,91	0,78	1,00	0,99	0,98	1,00
Pobreza	77,77	48,25	87,34	58,25	31,50	68,86
Extrema Pobreza	52,65	23,41	66,53	29,96	11,71	41,11
Rendimento Per capto	225,00	127,10	637,90	363,50	249,30	891,90
IDH-M	0,49	0,37	0,66	0,61	0,59	0,65

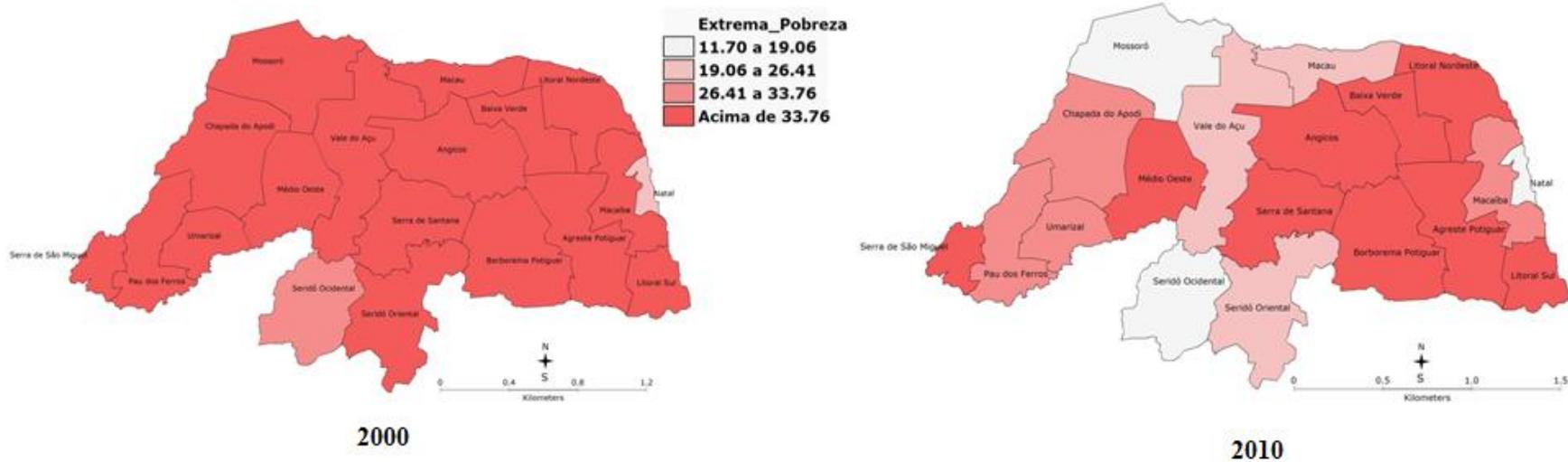
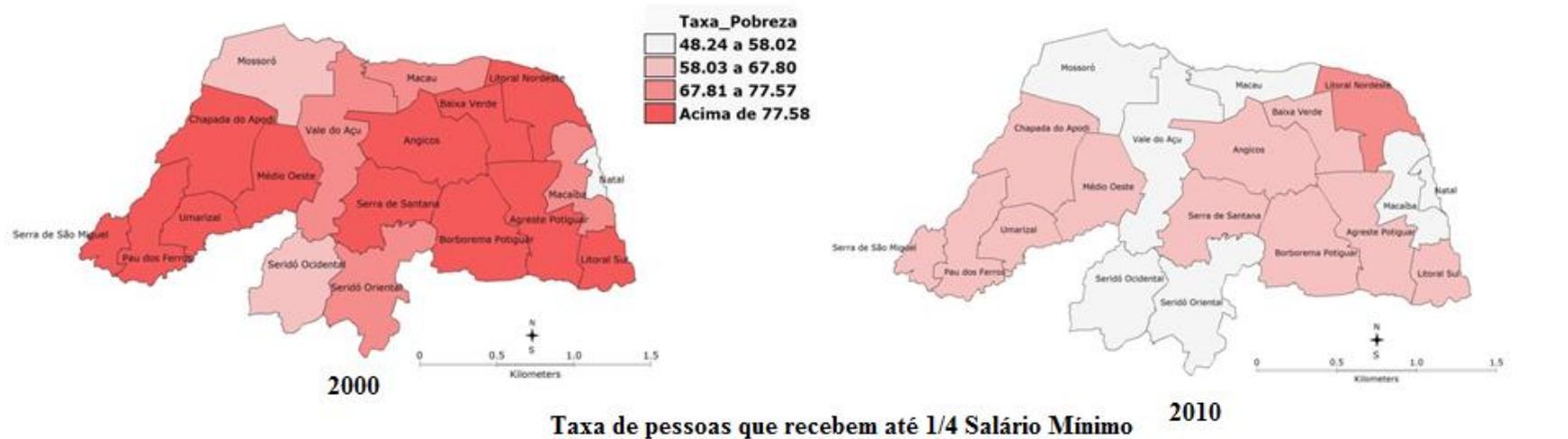
De acordo com a Figura 1, para os anos de 2000 e 2010 as microrregiões do RN tiveram uma melhora nas condições econômicas da população em todo o Estado, reduzindo a situação de pessoas que recebem até  $\frac{1}{2}$  (Pobreza) e  $\frac{1}{4}$  (Extrema Pobreza) de salário mínimo. As microrregiões de Mossoró, Macau, Vale do Açu, Seridó Oriental, Seridó Ocidental e Macaíba, situação de pobreza foi reduzida. Na situação de Extrema Pobreza as microrregiões de Natal e do Seridó Ocidental obtiveram uma melhora nas taxas juntamente com Mossoró.

Observa-se na Figura 2 que o número de desempregados no Vale do Açu, Macau, Baixa Verde, Macaíba e Litoral Sul, permaneceram na classificação mais elevada acima de 10,85 %. Entretanto as demais 14 microrregiões, tiveram uma redução de 2000 para 2010, mas Médio

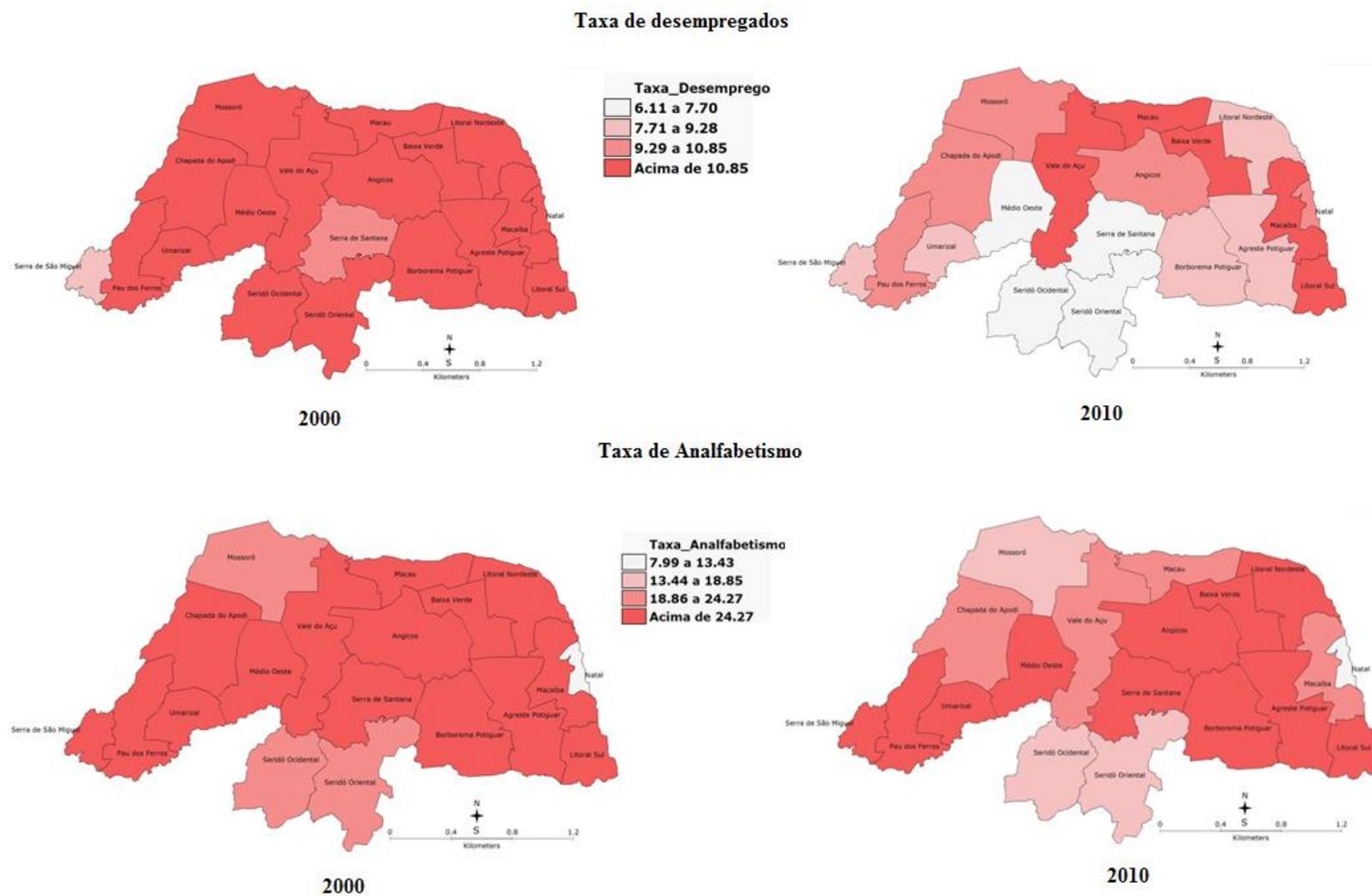
Oeste, Seridó Ocidental, Seridó Oriental e Serra de Santana tiveram as melhores reduções passando de acima de 10,85% para a categoria 6,11 a 7,70 %. Em relação a taxa de analfabetismo, as microrregiões da Serra de São Miguel, Pau dos Ferros, Umarizal, Médio Oeste, Serra de Santana, Angicos, Baixa Verde, Litoral Nordeste e Litoral Sul, permaneceram na categoria das mais elevadas taxas, em contra partida as demais microrregiões reduziram as taxas de analfabetismo.

A Figura 3, mostra que a microrregião Serra de São Miguel em 2000 a respeito do Índice de Desenvolvimento Humano – IDH pertencia a categoria dos piores indicadores (0,36 a 0,44) %, entretanto em 2010 houve mudança para a categoria dos melhores indicadores referentes ao RN (acima de 0,60)%, de modo geral observa-se uma melhoria no IDH dos anos de 2000 para 2010.

### Taxa de pessoas que recebem até 1/2 Salário Mínimo

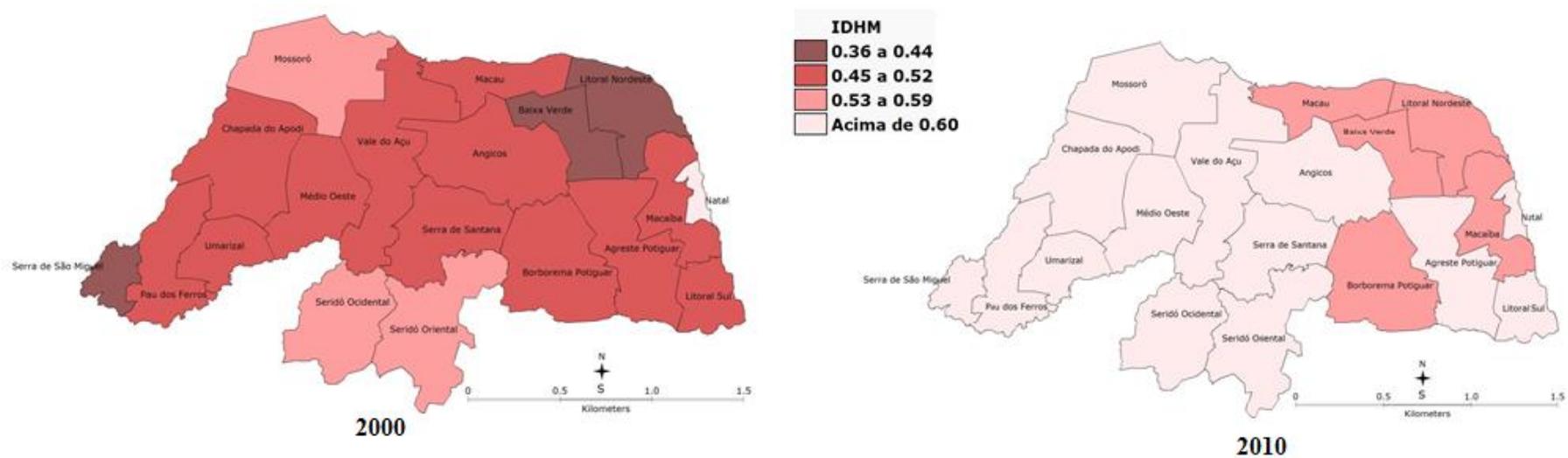


**Figura 1** – Taxa de Pobreza e extrema pobreza, para as microrregiões do RN, 2000 e 2010.



**Figura 2** – Taxa de Desemprego e Analfabetismo, para as microrregiões do RN, 2000 e 2010.

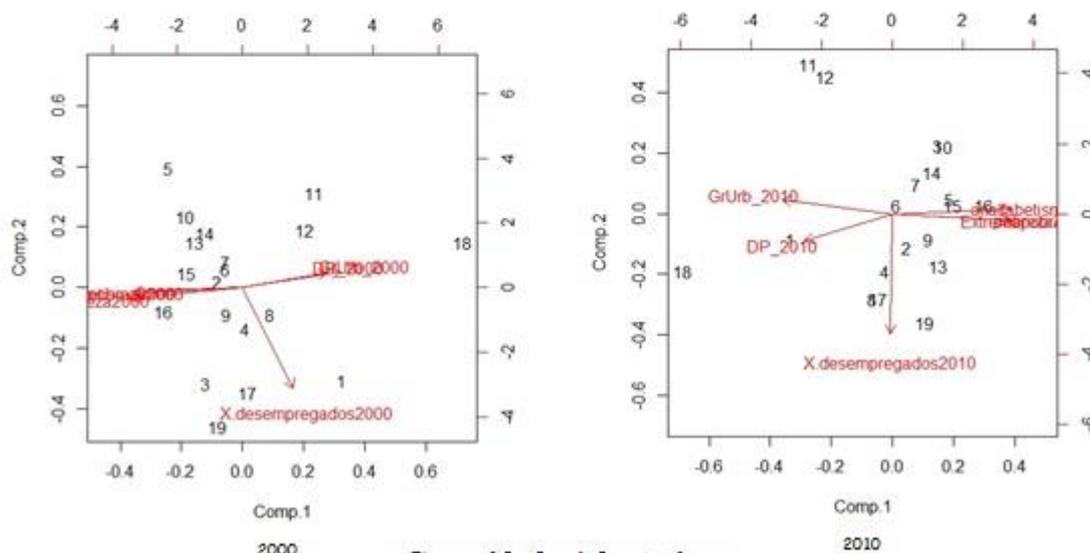
### Índice de desenvolvimento Humano Municipal



**Figura 3** – Índice de desenvolvimento Humano Municipal, para as microrregiões do RN, 2000 e 2010.

De acordo com a variância total explicada obtida através da análise de componente principal (ACP), foi possível compor 02 (duas) componentes para a susceptibilidade e capacidade adaptativa em 2000 e 2010. Sendo assim a variância acumulada na susceptibilidade para ambos os anos foi de 86%. Quanto da capacidade adaptativa para 2000 e 2010 acumulou-se 91% e 80% respectivamente (FIGURA 4).

### Susceptibilidade



### Capacidade Adaptativa

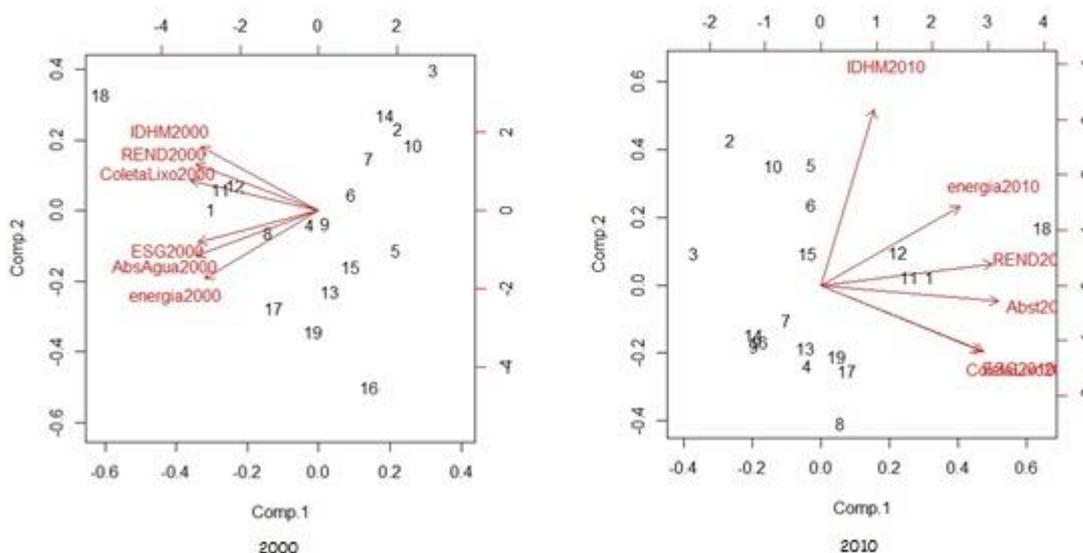


Figura 4 – Composição dos componentes de susceptibilidade e Capacidade Adaptativa para os anos de 2000 e 2010.

Atribui-se à susceptibilidade, variáveis de cunho social, populacional e educação. Em 2000, a primeira componente é composta pelas variáveis: Densidade Populacional; Grau de Urbanização; Taxa de Analfabetismo, Taxa de pobreza e extrema pobreza; na segunda componente é alocada a taxa de desemprego. Na Capacidade Adaptativa, as variáveis que compõem a primeira componente são as de saneamento básico (Coleta de lixo, esgotamento sanitário e abastecimento de água) e econômico (Renda *per capita*) e na segunda componente encontra-se a de desenvolvimento (IDH-M) e energia.

Em 2010, também foram consideradas duas componentes. Na componente 1, a susceptibilidade é composta por variável social e populacional, sendo elas: densidade populacional; grau de urbanização; desempregados pobreza e extrema pobreza, ficando a componente 2 com educação (Taxa de analfabetismo). Na Capacidade Adaptativa, tem-se na componente 1 saneamento básico e renda *per capita* e na componente 2 desenvolvimento (TABELA 2).

**Tabela 2** – Cargas que compõe cada componente

Componente da Vulnerabilidade	Ano			
	2000		2010	
Susceptibilidade	Comp. 1	Comp.2	Comp. 1	Comp. 2
Densidade Populacional (Km <sup>2</sup> )	<b>0,358</b>	0,143	<b>-0,351</b>	-0,217
Grau de Urbanização	<b>0,415</b>	0,152	<b>-0,441</b>	0,112
Taxa de Analfabetismo (%)	<b>-0,461</b>			<b>-0,966</b>
Taxa de Desempregados (%)	0,216	<b>-0,97</b>	<b>0,483</b>	
Taxa de Pobreza (%)	<b>-0,476</b>	-0,107	<b>0,47</b>	
Taxa de Extrema Pobreza (%)	<b>-0,462</b>		<b>0,477</b>	
Capacidade Adaptativa				
Esgotamento Sanitário (%)	<b>-0,408</b>	-0,259	<b>0,432</b>	-0,304
Abastecimento de Agua (%)	<b>-0,414</b>	-0,371	<b>0,483</b>	
Coleta de Lixo (%)	<b>-0,431</b>	0,251	<b>0,444</b>	-0,307
Renda <i>per capita</i> (Reais)	<b>-0,414</b>	0,38	<b>0,468</b>	0,1
IDH – M	-0,398	<b>0,524</b>	0,145	<b>0,815</b>
Energia (%)	-0,383	<b>-0,56</b>	<b>0,378</b>	0,366

De acordo com a Tabela 3, em relação ao ano de 2000, a microrregião do Seridó Ocidental apresentou o maior risco, ou seja, tem a menor precipitação, seguido de Seridó Oriental, Mossoró e Serra de Santana. As microrregiões com menor risco foram: Natal, Macaíba, Litoral Sul e Chapada do Apodi. Em 2010, as microrregiões como Seridó Ocidental, Angicos e Médio Oeste apresentaram o maior risco de seca. Percebe-se que a região do Seridó Potiguar foi a que

mais sofreu com a falta de chuva, em ambos os anos. Em contrapartida, Natal, Macau e Macaíba possuíam um regime de precipitação bom, pois o indicador do risco de seca nestas regiões foi baixo.

Em relação à susceptibilidade ou à sensibilidade, para o ano de 2000, o índice foi maior nas microrregiões do Médio Oeste, Litoral Sul e Litoral Nordeste. Entretanto, o Seridó Ocidental, Seridó Oriental e Natal foram as regiões com menores índices de susceptibilidade. Em 2010, o índice foi maior na microrregião do Litoral Sul, Baixa verde e Angicos. As regiões menos susceptíveis foram o Seridó Potiguar e Mossoró.

Quanto à capacidade adaptativa em 2000, as microrregiões com menores índices foram Litoral Nordeste, Serra de São Miguel e Agreste Potiguar, com isso, essas microrregiões não apresentaram uma boa capacidade adaptação. No entanto, Natal, Seridó Ocidental e Oriental revelaram as melhores condições de adaptação. Para 2010, observa-se que Angicos, Borborema Potiguar e Litoral Nordeste, apresentaram as piores condições de adaptação. Entretanto Mossoró, Seridó Ocidental, Seridó Oriental e Natal foram as microrregiões que contemplaram a melhor capacidade adaptativa.

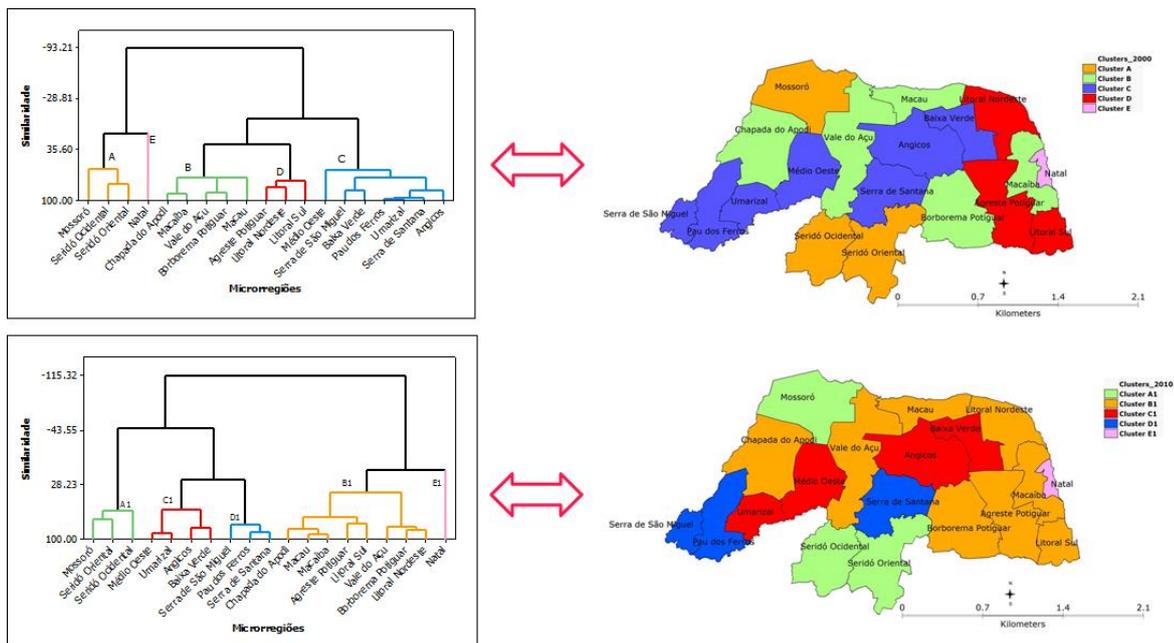
Em relação ao ISEVS, observou-se em 2000 que as microrregiões Médio Oeste, Seridó Ocidental e Litoral Nordeste possuíam os indicadores mais altos. Para 2010 os mais elevados foram: Angicos, Seridó Ocidental, Baixa Verde e Litoral Nordeste. As microrregiões de Natal e Seridó Oriental possuíam os com menores ISEVS em ambos os anos.

**Tabela 3**– Notas de cada componente da vulnerabilidade (Risco (R), Susceptibilidade (S) e Capacidade Adaptativa (CA) e ISEVS por Microrregião, nos anos de 2000 e 2010.

Microrregião	Ano							
	2000				2010			
	R	S	CA	ISEVS	R	S	CA	ISEVS
Mossoró	0,63	0,45	0,75	0,85	0,67	0,32	0,77	0,83
Chapada do Apodi	0,18	0,62	0,42	0,87	0,26	0,68	0,50	0,88
Médio Oeste	0,58	0,88	0,47	0,98	0,81	0,53	0,34	0,97
Vale do Açu	0,34	0,59	0,52	0,86	0,35	0,61	0,25	0,94
Serra de São Miguel	0,49	0,52	0,18	0,96	0,72	0,68	0,69	0,94
Pau dos Ferros	0,61	0,55	0,38	0,93	0,78	0,50	0,64	0,93
Umarizal	0,61	0,53	0,40	0,92	0,78	0,55	0,26	0,97
Macau	0,20	0,42	0,66	0,70	0,25	0,59	0,35	0,89
Angicos	0,61	0,66	0,44	0,94	0,82	0,75	0,12	0,99
Serra de Santana	0,63	0,57	0,39	0,94	0,74	0,55	0,54	0,94
Seridó Ocidental	1,00	0,06	0,79	1,00	1,00	0,01	0,77	1,00
Seridó Oriental	0,74	0,13	0,80	0,82	0,66	0,02	0,83	0,73
Baixa Verde	0,55	0,60	0,29	0,95	0,81	0,84	0,27	0,99
Borborema Potiguar	0,44	0,55	0,45	0,89	0,49	0,57	0,15	0,97
Agreste Potiguar	0,36	0,69	0,23	0,95	0,43	0,71	0,52	0,91
Litoral Nordeste	0,32	0,81	0,06	0,99	0,47	0,72	0,14	0,98
Macaíba	0,17	0,68	0,51	0,86	0,27	0,61	0,42	0,88
Natal	0,00	0,14	0,95	0,18	0,00	0,40	0,90	0,46
Litoral Sul	0,19	0,87	0,32	0,97	0,29	0,88	0,40	0,97

Na Figura 5, com a análise de agrupamento ou *Cluster* foram consideradas as notas de risco, susceptibilidade e incapacidade adaptativa, no intuito de formar grupos homogêneos entre si e heterogêneos dentre os grupos.

Deste modo, verifica-se que em 2000, em relação aos componentes da vulnerabilidade, o *Cluster A* contempla as microrregiões de Mossoró, Seridó Ocidental e Seridó Oriental; no *Cluster B* são agregados Chapada do Apodi, Vale do Açu, Macaíba, Borborema e Macau; o *Cluster C* é composto pelas microrregiões de Médio Oeste, Serra de São Miguel, Baixa Verde, Pau dos ferros, Umarizal, Serra de Santana e Angicos; o *Cluster D* por Litoral Nordeste, Agreste Potiguar e Litoral Sul, e por fim, o *Cluster E* é formado apenas por Natal. Para 2010, os *Clusters A e E* correspondem, respectivamente, aos *A1 e E1*, em relação às microrregiões neles agrupadas, mas há diferenciação quanto a composição do restante dos grupos; *Cluster B1* compreende Chapada do Apodi, Macau, Macaíba, Agreste, Litoral Sul, Vale do Açu, Borborema Potiguar e Litoral Nordeste; o *Cluster C1* Umarizal, Médio Oeste, Angicos e Baixa Verde; o *Cluster D1* contempla Serra de São Miguel, Serra de Santana e Pau dos Ferros.



**Figura 6:** Dendrograma das microrregiões do RN, pelo Risco, Susceptibilidade e Incapacidade Adaptativa.

Na Tabela 5, tem-se as microrregiões classificadas segundo as dimensões da vulnerabilidade: risco, susceptibilidade e incapacidade de adaptação, resultando em cinco grupos (A, B, C, D e E). Com isso, verifica-se que houve, para o ano de 2010, uma melhoria nas condições socioeconômicas de todos os grupos em relação ao ano de 2000. Para esta análise foi considerada a vulnerabilidade de 2000 como referência.

Considerando o ano de 2000, observou-se que o *Cluster E*, o qual é composto apenas pela microrregião de Natal, é caracterizado com Vulnerabilidade muito Baixa, pois não possui risco de seca (0,00), uma susceptibilidade muito baixa (0,14), entretanto uma capacidade adaptativa (0,95) muito alta da população com melhores condições sanitárias, energia, renda per capita e IDH-M, como também menores taxas de analfabetismo e menor índice de pobreza e de extrema pobreza, porém é o grupo que contém a maior taxa de desemprego.

O *Cluster B*, formado por Chapada do Apodi, Litoral Sul, Vale do Açu, Macau, Macaíba e Borborema Potiguar, foi qualificado com Vulnerabilidade Baixa, possui risco de seca (0,27) considerado baixo, porém sua susceptibilidade (0,57) e capacidade adaptativa (0,51) apresentaram-se moderadas.

As Microrregiões de Mossoró, Seridó Ocidental e Seridó Oriental, agrupadas no *Cluster A*, apresentaram uma vulnerabilidade moderada, um risco de seca (0,79) muito alto,

susceptibilidade baixa (0,21) e capacidade adaptativa (0,78) alta, com uma boa condição sanitária.

Junto às microrregiões do Médio Oeste, Angicos, Pau dos Ferros, Umarizal, Serra de Santana e Baixa verde, as quais compõem o *Cluster C*, foi denominado de grupo de Vulnerabilidade Alta, com um risco de seca (0,58) alto, susceptibilidade (0,62) alta e Capacidade Adaptativa (0,36) baixa.

O *Cluster D*, composto por Agreste Potiguar, Litoral Nordeste e Litoral Sul, é atribuído Vulnerabilidade Muito Alta, pois o risco de seca (0,29) moderado, susceptibilidade muito alta (0,79) e Capacidade adaptativa muito baixa (0,20), Este fato é corroborado pelas altas taxas de desemprego, analfabetismo, pobreza e extrema pobreza, como também menor IDH-M e renda *per capita*.

Em 2010, o *Cluster E*, caracterizado com Vulnerabilidade muito Baixa, apresentou um risco de seca (0,00) e susceptibilidade (0,40), porém com uma capacidade adaptativa (0,90) muito alta, refletindo nas melhores condições climáticas, melhores condições adaptativas da população apresentando melhores condições sanitárias, maior renda per capita, IDH-M e energia.

No *Cluster A* é assinalado como Vulnerabilidade baixa, risco de seca (0,78) considerado alto/muito alto, Susceptibilidade (0,12) muito Baixa e Capacidade adaptativa (0,79) alta.

O *Cluster B*, é qualificado com Vulnerabilidade moderada, possui risco de seca (0,32) considerado baixo, porém sua susceptibilidade (0,57) moderada e capacidade adaptativa (0,51) muito baixa.

O *Cluster D* apresenta uma vulnerabilidade alta, o risco de seca moderado (0,40), uma susceptibilidade muito alta (0,77) ligada as maiores taxas de desemprego, analfabetismo, maiores índices de pobreza e extrema pobreza e Capacidade adaptativa (0,35) baixa.

As características do *Cluster C*, é Vulnerabilidade Muito Alta, de um risco de seca (0,78) alto/muito alto, susceptibilidade (0,63) alta refletindo em altas taxas de desemprego, analfabetismo e índices de pobreza e extrema pobreza e uma capacidade adaptativa (0,40) moderada.

Verifica-se que houve modificação na posição dos *Clusters* no tocante da situação de vulnerabilidade, entre os anos 2000 e 2010, o *Cluster E* é o único que permanece na situação de Vulnerabilidade baixa com menor o risco a seca (0,00). Entretanto no tocante da susceptibilidade este foi elevado passando de 0,12 em 2000 para 0,40 em 2010, a capacidade adaptativa foi reduzida de 0,95 em 2000 para 0,90 em 2010. O *Cluster B* mudou sua posição de baixo para moderado, o risco de seca aumentou, sua susceptibilidade aumentou e sua

capacidade de adaptação reduziu. O *Cluster A* obteve situação de vulnerabilidade reduzida de moderado para baixo, pois seu risco e susceptibilidade diminuíram, e sua capacidade adaptativa que aumentou. Com relação ao *Cluster C* este houve uma piora passando de situação de alta para muito alta, verifica-se que neste grupo houve um aumento nas três componentes de vulnerabilidade (exposição à seca, susceptibilidade e capacidade adaptativa). Por fim, o *Cluster D* que em 2000 se encaixava na situação de vulnerabilidade muito alta, passa em 2010 para uma situação de vulnerabilidade alta, porém o risco e a susceptibilidade foram reduzidos, e a capacidade de adaptação aumentou.

**Tabela 5** – Média das variáveis por clusters, 2000 e 2010.

Componentes da Vulnerabilidade	Ano 2000				
	Cluster A	Cluster B	Cluster C	Cluster D	Cluster E
<b>Susceptibilidade</b>	0.21	0.57	0.62	0.79	0.14
Densidade Demográfica	40,80	42,70	30,48	56,50	1983,70
Grau de Urbanização	0,83	0,58	0,59	0,48	0,97
Analfabetismo	21,96	29,84	33,85	36,53	11,20
Desemprego	15,47	15,63	13,33	15,97	17,95
Pobreza	66,15	78,49	83,37	84,94	48,25
Extrema Pobreza	35,45	51,85	60,31	63,05	23,41
<b>Capacidade Adaptativa</b>	0.78	0.51	0.36	0.20	0.95
Esgotamento	91,64	82,95	76,58	84,01	97,16
Abastecimento de água	81,14	64,10	59,37	69,45	96,56
Coleta de Lixo	79,73	63,06	54,23	53,28	95,18
Energia	0,96	0,90	0,87	0,93	1,00
Renda Per Capta (Reais)	319,10	201,90	169,59	161,17	637,92
IDH-M	0,57	0,49	0,46	0,42	0,66
<b>Risco</b>	0.79	0.27	0.58	0.29	0.00
<b>Vulnerabilidade (ISEVS)</b>	0.89	0.83	0.94	0.97	0.18
	Ano 2010				
	Cluster A	Cluster B	Cluster C	Cluster D	Cluster E
<b>Susceptibilidade</b>	0.12	0.61	0.63	0.77	0.40
Densidade Demográfica	47,50	49,60	32,31	63,90	2395,40
Grau de Urbanização	0,85	0,64	0,63	0,52	0,99
Analfabetismo	16,97	23,12	26,77	28,07	8,00
Desemprego	7,74	10,77	90,76	10,10	10,13
Pobreza	43,86	58,16	64,60	66,88	31,50
Extrema Pobreza	16,55	29,00	35,52	38,08	11,71
<b>Capacidade Adaptativa</b>	0.79	0.33	0.40	0.35	0.90
Esgotamento	96,14	92,37	90,32	93,50	98,42
Abastecimento de água	87,25	76,28	77,00	80,31	97,57
Coleta de Lixo	86,93	80,04	69,99	65,91	98,44
Energia	0,99	0,98	0,99	0,99	1,00
Renda Per Capta (Reais)	494,10	339,30	288,78	271,60	891,94
IDH-M	0,62	0,60	0,61	0,60	0,63
<b>Risco</b>	0.78	0.32	0.78	0.40	0.00
<b>Vulnerabilidade (ISEVS)</b>	0.85	0.91	0.96	0.95	0.46

\*Para esta análise foram considerados os Clusters de 2000, assim a análise realizada para o ano de 2010, é de acordo com os clusters gerados em 2000.

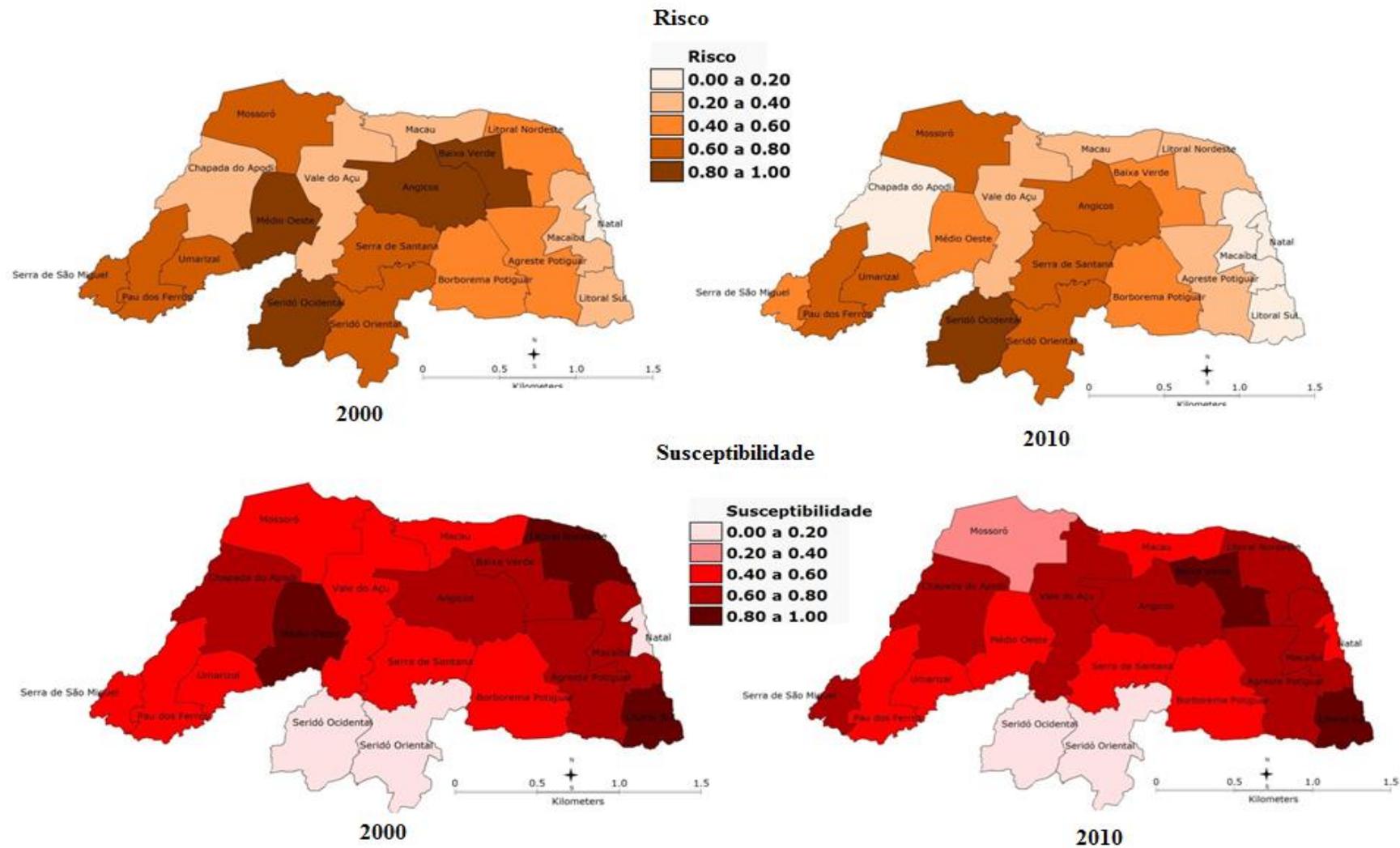
Verifica-se na Figura 7, que tivemos um aumento na exposição à seca entre os anos de 2000 e 2010, a microrregião de Natal apresentou o menor risco de seca em ambos os anos, mas as microrregiões de Macaíba, Litoral Sul e Chapada do Apodi, passaram da situação de risco de seca baixo para Moderado em 2010. As Microrregiões de Seridó Ocidental, Médio Oeste Angicos e Baixa Verde estão em situação extrema na exposição à seca, em 2000 verificou-se que apenas o Seridó ocidental encontrava-se nessa situação, porém em 2010 houve um aumento do número de microrregiões nessa situação.

A susceptibilidade de Natal sofreu uma passagem da categoria muito baixa para moderada, a região do Seridó permanece para os dois anos em situação muito Baixa, indicando que nessa região as condições permaneceram boas. Em Mossoró houve uma melhora da situação de susceptibilidade Moderada para baixa; Serra de São Miguel passou de Moderado para alto o que pode ter sido provocado pelo aumento no número de desempregados desta região. Assim, neste contexto verificou-se que, entre as categorias de alta e muito alta, houve um aumento passando de 08 para 09 microrregiões no total nos respectivos anos de 2000 e 2010.

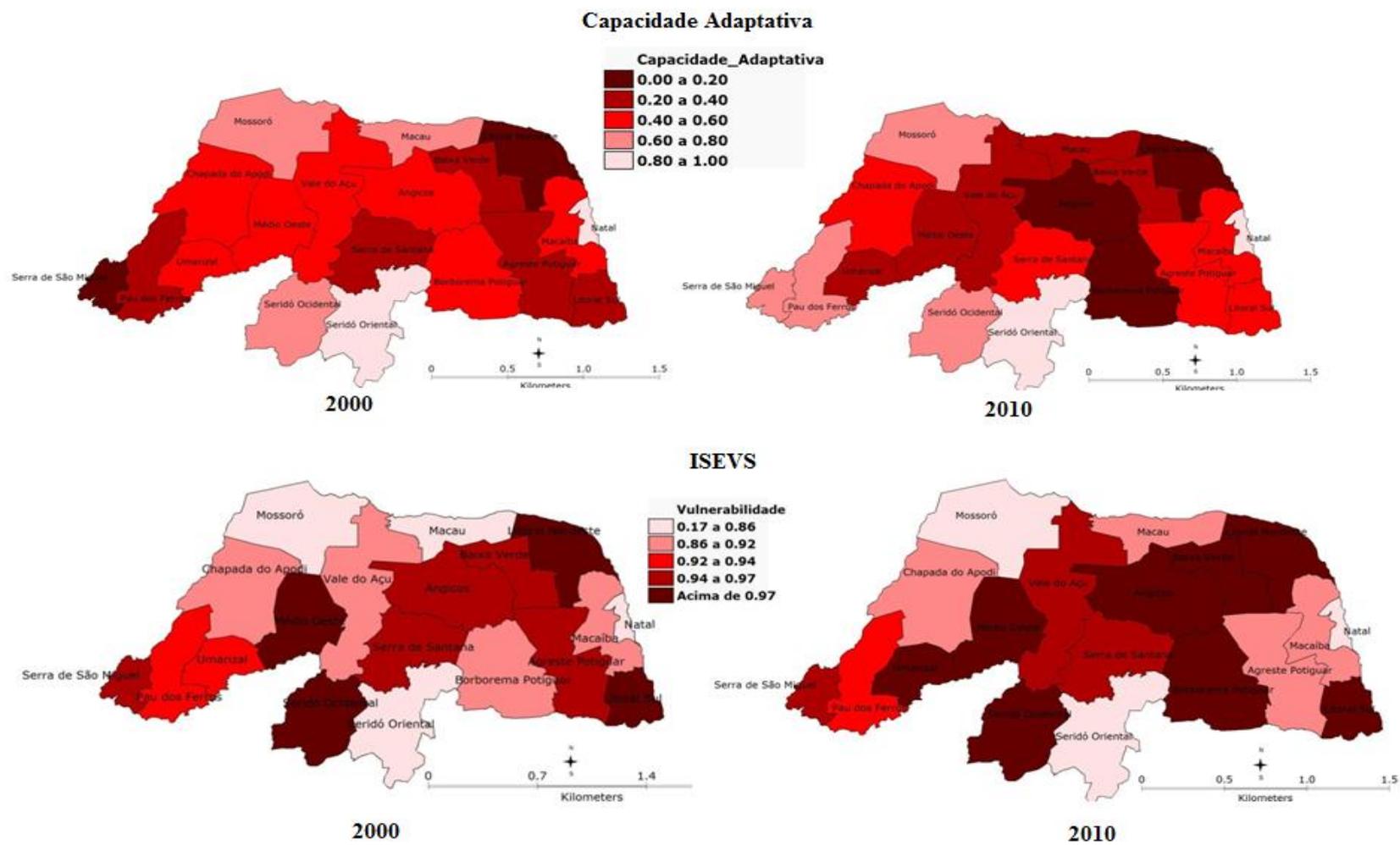
Quanto da Capacidade Adaptativa em 2000, Natal e o Seridó Oriental permaneceram na categoria das melhores condições, o Litoral Nordeste e Serra de São Miguel, tinham as piores condições adaptativas, no entanto a região de Serra de São Miguel passou para uma situação boa em 2010.

Observa-se na Figura 8 que o número de microrregiões que se encontravam com o ISEVS muito alto em 2000 foi dobrado de 04 para 08 em 2010, podemos levar esse aumento em consideração a mudança climática que houve como visto na figura 4. Mossoró, Seridó Oriental e Natal possuem ISEVS na categoria muito baixa, ou seja, são as microrregiões com os menores indicadores de vulnerabilidade, entretanto Médio oeste, Litoral Nordeste, Litoral Sul e Seridó Ocidental possuem os piores indicadores em 2000, entretanto em 2010 verifica-se que essas microrregiões permanecem nesta categoria e são acrescidas de Umarizal, Angicos, Borborema Potiguar e Baixa Verde, pois o risco de seca e a susceptibilidade aumentaram. A Região do Agreste Potiguar melhorou as condições da capacidade adaptativa o que o leva a reduzir o ISEVS, passando da categoria de alta para baixa.

A Região de Macau passou de ISEVS muito Baixo para baixo pois sua capacidade adaptativa diminuiu em 2010.



**Figura 7** - Índice das componentes do Risco e Susceptibilidade, para as microrregiões do RN, 2000 e 2010.



**Figura 8** – Índice da Capacidade Adaptativa e o ISEVS, para as microrregiões do RN, 2000 e 2010

#### 4. CONCLUSÃO

Este artigo teve como objetivo principal criar um indicador Socioeconômico de vulnerabilidade à Seca (ISEVS) da população do Estado do Rio Grande do Norte, e identificar as microrregiões que se encontram em situação de Vulnerabilidade Muito Alta em 2010. Na análise inicial verificou-se que houve melhora nas condições de saneamento básico, como também no Índice de desenvolvimento Humano Municipal. O número de pessoas que viviam abaixo da linha de pobreza foi reduzido, indicando melhoras nas condições econômicas da população do Estado, o mesmo acontece com o número de desempregados e analfabetos, Estes resultados estão em acordo com Malik et al.,(2013) quando retrata o progresso de desenvolvimento humano do Brasil. A redução do número de pessoas mais pobres, quando observado ao longo dos anos 2000/2010, o resultado pode ser considerado um efeito reconhecido dos benefícios oriundos de programas criados em 2003 pelo governo de transferência de renda como Fome Zero e se destaca como um dos determinantes imediatos do movimento recente de queda da desigualdade brasileira, cujo ritmo de declínio é o maior dos últimos 30 anos e “um dos mais acelerados do mundo” (BARROS; CARVALHO; FRANCO; MENDONÇA, 2007),

As Microrregiões de Seridó Ocidental, Médio Oeste, Angicos e Baixa Verde estão em situação extrema na exposição à seca. Em 2000 verificou-se que apenas o Seridó ocidental encontrava-se nessa situação, porém em 2010 houve um aumento no número de microrregiões nessa situação. O que confirma e corrobora com vários relatórios sobre mudanças climáticas publicadas pelo IPCC.

A susceptibilidade de Natal sofreu uma passagem da categoria muito baixa para moderada, a região do Seridó permanece para os dois anos em situação muito Baixa, indicando que nessa região as condições permaneceram boas. Em Mossoró houve uma melhora da situação de susceptibilidade Moderada para baixa; Serra de São Miguel passou de Moderado para alto o que pode ter sido provocado pelo aumento no número de desempregados desta região. Assim, neste contexto verificou-se que entre as categorias de alta e muito alta houve um aumento de 08 para 09 microrregiões no total para os respectivos anos de 2000 e 2010.

Quanto da Capacidade Adaptativa em 2000, Natal e o Seridó Oriental permaneceram na categoria das melhores condições; o Litoral Nordeste e Serra de São Miguel, tinham as piores

condições adaptativas, no entanto a região de Serra de São Miguel passou para uma situação boa em 2010, indicando que houve melhorias nas condições de saneamento básico e desenvolvimento.

Com relação ao ISEVS alto o número de municípios dobrou de 04 para 08 ( Médio oeste, Litoral Nordeste, Litoral Sul , Seridó Ocidental ,Umarizal, Angicos, Borborema Potiguar e Baixa Verde ), pois o risco de seca e a susceptibilidade aumentaram. As microrregiões de Mossoró, Seridó Oriental e Natal possuem ISEVS na categoria muito baixa, ou seja, são as microrregiões com os menores indicadores de vulnerabilidade. A Região de Macau aumentou seu ISEVS devido à redução da capacidade adaptativa em 2010.

O ISEVS é um indicador que foi proposto devido sua robustez por contemplar em sua natureza a teoria de probabilidade, ou seja este indicador torna-se mais preciso por englobar e interagir as três componentes da Vulnerabilidade: Risco, Susceptibilidade e a Incapacidade que o indivíduo e o lugar têm de dar resposta frente ao perigo. A Região do Agreste Potiguar melhorou as condições quanto da capacidade adaptativa o que o leva a reduzir o ISEVS, passando da categoria de alta para baixa.

Este Indicador pode e deve ser utilizado para outras regiões do país visto que possui “mobilidade” devido sua natureza, assim para o Estado do Rio Grande Norte o ISEVS foi criado e elaborado no sentido de fornecer subsídios aos gestores públicos, para que possam nortear e intensificar ações de combate à vulnerabilidade e assim, mitigar os efeitos causados pelas mudanças climáticas.

## 5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

O cerne deste trabalho dividiu-se em duas partes, a primeira trata-se da identificação da tipologia da vulnerabilidade sociodemográfica dos municípios da região semiárida brasileira. Três perfis extremos foram gerados através do método *Grade Of Membership*, de forma a descrever e classificar os municípios do semiárido do país, segundo indicadores selecionados: Ambientais, Educacionais, Demográficos, Desenvolvimento, Mercado de trabalho, Renda e Pobreza. Posteriormente, procurou-se verificar as características dos perfis extremos de características sociodemográficas, que procuraram captar tais aspectos.

Após a geração dos perfis extremos, para ambos os anos de 2000 e 2010, verificou-se que os perfis extremos possuem as mesmas características. Sendo assim, o Perfil extremo 1, de um modo geral, reúne municípios, predominantemente com bons indicadores, exceto desemprego que é alto neste perfil. Diante dessas características, denominou-se como sendo de "Vulnerabilidade Baixa". O perfil extremo 2 caracterizou municípios em uma condição intermediária, tanto em infraestrutura como em aspectos demográficos, educacionais, econômicos e desenvolvimento. Assim, este perfil extremo foi considerado como sendo de " Média Vulnerabilidade". O perfil extremo 3 teve como características os piores indicadores; desta forma, este perfil foi denominado como o de "Alta Vulnerabilidade".

Em relação à distribuição territorial, identificou-se as Unidades Federativas que mais se destacam quanto à situação de Vulnerabilidade Alta (Perfil extremo 3) para o ano de 2000, São elas: a Bahia, com 33 municípios; o Piauí, com 65; e Alagoas, com 22. Em 2010 houve um aumento do número de municípios nesta situação, sendo que a Bahia passou a ter 43 municípios com alta vulnerabilidade; no entanto, Piauí reduziu para 43 e Alagoas manteve-se com o mesmo número de municípios apresentado em 2000,

Em contrapartida, os municípios do Estado da Bahia, em sua maioria, encontram-se em situação de vulnerabilidade média. O Estado do Piauí possuía 51,18% dos seus municípios em situação de alta vulnerabilidade alta para o ano de 2000, decrescendo para esta taxa para 38,58% em 2010.

A segunda parte do trabalho trata-se do desenvolvimento do indicador de vulnerabilidade socioeconômica à seca junto à população do Rio Grande do Norte; bem como a identificação daquelas microrregiões que se encontram em situação de Vulnerabilidade Muito Alta no ano 2010. Os resultados mostraram que as Microrregiões de Seridó Ocidental, Médio Oeste Angicos e Baixa Verde estão em situação de extrema exposição à seca. Para o ano de 2000,

verificou-se que apenas o Seridó Ocidental permaneceu nesta situação; entretanto, em 2010 houve um aumento no número de microrregiões para tal situação, o que confirma e corrobora com vários relatórios sobre mudanças climáticas publicados pelo IPCC.

No tocante à microrregião de Natal, para o ano de 2010 em relação a 2000, com o aumento da densidade demográfica, juntamente com o grau de urbanização, bem como por possuir a maior taxa de desemprego no RN, o índice de susceptibilidade à seca sofreu uma passagem da categoria muito baixa para moderada. A Região do Seridó permanece para os dois anos em situação de susceptibilidade muito baixa, indicando que nessa região as condições permaneceram boas. Já em Mossoró houve uma melhoria da situação de susceptibilidade, passando de moderada à baixa, sugerindo tal condição devido ao grau de urbanização ter sido reduzido, ou seja, o percentual de pessoas que viviam em áreas urbanas nesta região sofreu alteração. Serra de São Miguel passou de moderado para alto e, possivelmente, isto pode ter sido provocado pelo aumento no número de desempregados desta região. Assim neste contexto verificou-se que, entre as categorias de alta e muito alta susceptibilidade à seca, houve um aumento no número de microrregiões, passando de 08 para 09 no total, em relação aos anos de 2000 e 2010, respectivamente.

No ano de 2010 em relação a 2000, Natal e o Seridó Oriental permaneceram na categoria das melhores condições de capacidade adaptativa. O Litoral Nordeste e Serra de São Miguel possuíam as piores condições adaptativas; no entanto, Serra de São Miguel passou a possuir uma boa capacidade adaptativa em 2010.

Com relação ao ISEVS alto o número de municípios dobrou de 04 para 08 ( Médio oeste, Litoral Nordeste, Litoral Sul , Seridó Ocidental ,Umarizal, Angicos, Borborema Potiguar e Baixa Verde ), pois o risco de seca e a susceptibilidade aumentaram. As microrregiões de Mossoró, Seridó Oriental e Natal possuem ISEVS na categoria muito baixa, ou seja, são as microrregiões com os menores indicadores de vulnerabilidade.

O ISEVS é um indicador que foi proposto devido sua robustez, por contemplar em sua natureza a teoria de probabilidade, ou seja, este indicador torna-se mais preciso por englobar e interagir as três componentes da Vulnerabilidade ao fator humano, por meio das condições socioeconômicas e demográficas, frente às mudanças climáticas, evidenciando à população os possíveis locais susceptíveis, incapazes adaptativamente e expostos ao risco da seca. Com isto, este Indicador pode e deve ser utilizado para outras regiões do país visto que possui "mobilidade" devido sua natureza. Desta forma, tal indicador foi desenvolvido e elaborado para as Microrregiões do Estado do RN no sentido de identificar as regiões vulneráveis à

seca, além de dar subsídios aos gestores públicos, para que possam nortear e intensificar ações de combate a vulnerabilidade e, assim, mitigar os efeitos causados pelas mudanças climáticas, em particular a seca.

## 6. REFERENCIAS

ADGER, W, Neil et al. **New indicators of vulnerability and adaptive capacity**. Norwich: Tyndall Centre for Climate Change Research, 2004.

ALBURQUERQUE, I. F.; FERREIRA, J. N.; SILVA, M. G.; DIAS, M. F. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 280.

ALVES, L, M.; CUNNINGHAM-CASTRO, C, A.; CAMARGO, J, R, H.; SANCHES, M, B.; CALBETE, N, O.; MENDES, D,. **Análise subjetiva da previsão do SIMOC para o Nordeste do Brasil no período de março - maio de 2000 - Estudo de caso**, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12, Fortaleza, Anais, Sete Lagoas: SBA, 2001, v, 2, p, 625-626, Papel, (INPE-10904-PRE/6360).

BARCELLOS C, MONTEIRO AMV, Corvalán C, Gurgel HC, Carvalho MS, Artaxo P, Hacon S, Ragoni V. **Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil**. Epidemiol Serv Saúde 2009;18(3):285-304.

BROUWER R,, AFTAB S, y BRANDER L,. **Socio-economic vulnerability and adaptation to environmental risk, A case study of climate change and flooding in Bangladesh**, Universiteit, Amsterdam, The Netherlands, 2006, PREM 06/01.

BLAIKIE, P. et al. At risk. **Natural hazards, peoples vulnerability and disasters** London: Routledge, 1994. 284 p

CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson Jesus; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da; DIAS, Maria Assunção Faus da Silva. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

CARNEIRO, C. B. L.; VEIGA, L. **O conceito de inclusão, dimensões e indicadores**. Belo Horizonte: Secretaria Municipal de Coordenação da Política Social, jun. 2004. (Pensar BH – Política Social, 2.)

CONFALONIERI, Ulisses EC et al. **Mudanças globais e desenvolvimento: importância para a saúde**. Informe Epidemiológico do SUS, v. 11, n. 3, p. 139-154, 2002.

CONFALONIERI, U, E, C,; Marinho, D, P, Rodriguez. **Public Health Vulnerability to Climate Change in Brazil**, Climate Research v, 40, p, 175-186, 2009.

DOW, K, 1992. **Exploring the differences in our common future(s): the meaning of vulnerability to global environmental changes**. GEOFORUM, 23:417-436.

DUARTE, R. **Tecnologias apropriadas para a agricultura dependente de chuva no semi-árido nordestino: uma avaliação**. Cadernos de Estudos Sociais, v.9, n.1, p.41-53, 1992.

EMDADHAQUE, L,; BRANCO, A, de M. **Vulnerabilidad y desastres: análisis comparativo de estrategias para la mitigación de sequías**, Desastres & Sociedad, Lima, n,6, enero/diciembre, p,35-57, 1998.

HASTENRATH, S., HELLER, L. **Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil**. Q. Jour Roy. Meteor. Soc., 103, p.77-92, 1977.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007: the physical science basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 18 p.

KOWARICK, Lúcio. **Sobre a Vulnerabilidade Socioeconômica e Civil**. Estados Unidos, França e Brasil in: **Revista Brasileira de Ciências Sociais**. vol.18, n.º 51, fevereiro/2002.

JANCZURA, ROSANE. **Risco ou vulnerabilidade social?**. Textos & Contextos (Porto Alegre), v. 11, n. 2, p. 301-308, 2012.

KAYANO, M,T, E ANDREOLI, R,V. **O clima da região Nordeste do Brasil**, In: CAVALCANTI, I,F,A,; FERREIRA, N,J,; SILVA, M,G,A,J,; SILVA DIAS, M,A,F, Tempo e clima do Brasil, 1,ed, São Paulo: Oficina de Textos, p,213-233, 2009.

MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. **Impacto das mudanças climáticas no Brasil e Possíveis Cenários Climáticos: síntese do terceiro relatório do IPCC de 2001**. In:

CLIMA e recursos hídricos. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos/FBMC-ANA, 2003. cap. 6, p. 209-233.

MARENGO, J. A., VALVERDE, M. C. **Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4.** Revista Multiciência, Campinas, n. 8, p. 5-28, maio 2007.

MARANDOLA JR; HOGAN, D. J. **Vulnerabilidade do lugar vs, vulnerabilidade sociodemográfica: implicações metodológicas de uma velha questão.** Revista Brasileira de Estudos de População, São Paulo, v,26, n,2, p,161-181, jul./dec,2009.

MENEZES, H, E, A,; SILVA, R, M,; ALVES, L, M,; CAMARGO JÚNIOR, H. **Análise Subjetiva da Simulação de Precipitação do Modelo ETA Climático para o Nordeste do Brasil no Período entre Janeiro e Março de 2003.** In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2003, Santa Maria - RS, Situação Atual e Perspectivas da Agrometeorologia, Anais,, Santa Maria - RS, v, 2,, p, 811-812, 2003.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. **Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro.** Revista Brasileira de Meteorologia, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.

NOBRE, C. A. , MOLION., L.C.B.. **The Climatology of Droughts and Drought Prediction.** In: Impacts of Climatic Variations on Agriculture, v.2 : Assesments in semi-arid regions, M. P. Parry, T.R. Carter e N. T. Konijn (eds.), 1988, D. Reidel Pub. Co., 764p.

NOBRE, C. A. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança no clima.** In: BRASIL. Presidência da República. Núcleo de Assuntos Estratégicos. Mudança do clima: negociações internacionais sobre a mudança do clima. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, 2005. v. 1 pt. 2, p. 147-216.

OLIVEIRA, F. **A questão do Estado: vulnerabilidade social e carência de direitos.** In: Subsídios à Conferência Nacional de Assistência Social, 1. Brasília: CNAS, out. 1995. (Cadernos ABONG)

PADOIN, Isabel Graciele; VIRGOLIN, Isadora Wayhs Cadore. **A vulnerabilidade social como uma dificuldade a participação política.** Seminário interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão. UNICRUZ. 2010.

PRADO, D. E. **As Caatingas da América do Sul.** In: LEAL, I. R. TABARELLI, M. SILVA, J. M. C. da. *Ecologia e Conservação da Caatinga.* Recife: Editora Universitária UFPE, 2003. p.03-73.

SOUZA FILHO, F. A. **Variabilidade e mudança climática nos Semi-Áridos brasileiros.** In: TUCCI, C. E. M.; BRAGA, B. (Org.). *Clima e recursos hídricos no Brasil.* Porto Alegre: ABRH, 2003. p. 77-111. (Coleção ABRH, v. 9).

SOUZA FILHO, F. A.; MOURA, A. D. **Memórias do Seminário Natureza e Sociedade nos Semi-Áridos.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil; Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2006. 332 p.

SILVA, BRUCE KELLY N. ; LUCIO, PAULO SERGIO . **Characterization of risk/exposure to climate extremes for the Brazilian Northeast-case study: Rio Grande do Norte.** *Theoretical and Applied Climatology JCR*, v. 118, p. 1-11, 2014.

SILVA, BRUCE KELLY N. ; LUCIO, PAULO SERGIO . **Indicator of Agriculture Vulnerability to Climatic Extremes. A Conceptual Model with Case Study for the Northeast Brazil.** *Atmospheric and Climate Science (Print)*, v. 04, p. 334-345, 2014.

UVO, C,R, B, e R, BERNDTSSON, 1996. **Regionalization and Spatial Properties of Ceará State Rainfall in Northeast Brazil,** *J, Geoph, Res.,*, vol, 101, no, D2, 4221-4233.

YUNES, M. A. M.; SZYMANSKI, H. **Resiliência: noção, conceitos afins e considerações críticas.** In: TAVARES, J. (Org.). *Resiliência e educação.* 2. ed. São Paulo: Cortez, 2001.

## 7. CONTRIBUIÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Com os resultados apresentados, espera-se que este estudo possa contribuir para ampliar o entendimento sobre as inter-relações que envolvem as variáveis socioeconômicas e demográficas junto às mudanças climáticas, em especial à seca. Outrossim, é notório a diferenciação entre regiões litorâneas, com maior índice de precipitação, e regiões ocidentais, às quais possuem índices pluviométricos baixos e, por conseguinte, encontram-se mais vulneráveis aos impactos da seca. As condições de vida da população (alimentação, saneamento básico, desenvolvimento, dentre outras) encontram-se diretamente correlacionadas neste processo. Sendo assim, espera-se que tal estudo possa corroborar para a mitigação de ações de cunho social e político na melhoria da população, principalmente aquelas mais vulneráveis aos efeitos da seca.

Quanto às perspectivas futuras, este trabalho pode ser ampliado para um escopo mais amplo, a partir da inserção de outros parâmetros climatológicos além da precipitação, como a temperatura e o teor de vapor de água, a fim de se verificar o quanto que os efeitos da variação de temperatura e umidade interferem na sociedade, colaborando assim para se produzir um Índice de Vulnerabilidade aos efeitos climáticos como um todo e não somente à seca. Outrossim, pode-se aplicar testes de validação no modelo encontrado, a fim de produzir um resultado mais eficiente e apurado entre as variáveis socioeconômicas e demográficas e as mudanças climáticas.

## 7. REFERENCIAS

ANDRADE, Matheus Mendonça; LIMA, Kellen Carla. **Projeção Climática da Frequência de Eventos de Precipitação Intensa no Nordeste do Brasil: resultados preliminares (Climatic projection of frequency of intense rainfall events in Northeastern Brazil: preliminar results)**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 6, n. 5, p. 1158-1173, 2013.

BARCELLOS C, MONTEIRO AMV, CORVALÁN C, GURGEL HC, CARVALHO MS, ARTAXO P, HACON S, RAGONI V. **Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil**. Epidemiol Serv Saúde 2009;18(3):285-304.

BLAIKIE, P, et al, **At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters**, London, Routedledge, s/d.

CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson Jesus; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da; DIAS, Maria Assunção Faus da Silva. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

CORREA, Esmeralda; COMIM, Flávio. **Impactos Potenciais da Mudança Climática no Desenvolvimento Humano**. 36º Encontro Nacional de Economia, p. 9-12, 2008.

Confalonieri, U. et al. **Mudanças globais e desenvolvimento: importância para a saúde. Informe Epidemiológico do SUS**, v. 11, n.3, p. 139-154, 2002.

BARBIERI, Alisson; CONFALONIERI, Ulisses (Coord.). **Mudanças climáticas, migrações e saúde: cenários para o Nordeste, 2000 a 2050**. Belo Horizonte: UFMG; Rio de Janeiro: Fiocruz, 2008.

DOMINGUES, Edson Paulo; MAGALHÃES, Aline Souza; RUIZ, Ricardo Machado. **Cenários de mudanças climáticas e agricultura no Brasil: impactos econômicos na região Nordeste**. Belo Horizonte: Cedeplar, 2008.

(2002) FISCHER, Izaura Rufino; ALBUQUERQUE, Lúgia. **“A mulher e a emergência da seca no Nordeste do Brasil”**. Trabalhos para discussão, n. 139, Recife, jul. Disponível em: . Acesso em: 20 maio 2014.

HOGAN, Daniel Joseph. **Mobilidade populacional, sustentabilidade ambiental e vulnerabilidade social**. Revista Brasileira de Estudos de População, v. 22, n. 2, p. 323-338, 2005.

IPCC - International Panel on Climate Change, WGI AR5, *World Meteorological Organization (WMO) and United Nations Environment Programme (UNEP)*, Set., 2011.

MARENGO, José A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**, MMA, Ministério do Meio Ambiente, 2006.

MARENGO, J, A, et al. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**, Available in: Accessed in October, 2010.

MARENGO J. A., R. JONES, L, ALVES, M. VALVERDE. **Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system**. International Journal of Climatology. 2009.

MARENGO, Jose A. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil**. Parcerias estratégicas, v. 1, n. 27, p. 149-176, 2008.

MONTEIRO, Joyce Maria Guimarães. **Plantio de oleaginosas por agricultores familiares do semi-árido nordestino para produção de biodiesel como uma estratégia de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.** 2007. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.

PADOIN, Isabel Graciele; VIRGOLIN, Isadora Wayhs Cadore. **A vulnerabilidade social como uma dificuldade a participação política.** Seminário interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão. UNICRUZ. 2010.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). Relatório de Desenvolvimento Humano 2006: A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água. 2006.

NOBRE, Carlos A. Mudanças Climáticas e o Brasil—Contextualização. **Mudança de Clima no Brasil: vulnerabilidade, impacto e adaptação**, 2008.

OJIMA, Ricardo. **A demografia em uma nova realidade social: desafios teóricos e abordagens analíticas para a compreensão da dinâmica demográfica ea mudança ambiental na sociedade contemporânea.** XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais. Caxambu/2004, Anais... ABEP: Campinas, 2004.

SILVA DIAS, P.L.; MARENGO, J.A. **Águas atmosféricas.** In: REBOUÇAS, A.C.R.; BRAGA, B.; TUNDIZI, J.G. **Águas doces no Brasil.** São Paulo: Ed. Escrituras, Cap.3, p.75-115, 1999.