

## VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CHORÓ – CE

**Patrícia Andrade de Araújo**

Doutora em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Universidade Estadual do Ceará – UECE, Brasil  
[araujogeografia@gmail.com](mailto:araujogeografia@gmail.com)

**Marcos José Nogueira de Souza**

Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Universidade Estadual do Ceará – UECE, Brasil  
[marcos.nogueira@uece.br](mailto:marcos.nogueira@uece.br)

### RESUMO

Esta pesquisa busca analisar, numa perspectiva integrada, a vulnerabilidade socioambiental da bacia hidrográfica do rio Choró no estado do Ceará, Nordeste do Brasil. Através da ecodinâmica de Tricart (1977) com adaptações de Souza (2000) é possível estabelecer as condições de vulnerabilidade ambiental dos sistemas ambientais. Aplicou-se a metodologia do IPECE (2010) com adequações de Medeiros (2014) para gerar o Índice de Vulnerabilidade Social – IVS, a partir dos dados socioeconômicos dos setores censitários do IBGE referente aos requisitos: educação, renda, situação social e infraestrutura/habitação. Seguidamente, os dados sistematizados e/ou IVS, por setor, foram espacializados obtendo a vulnerabilidade social da área. A sobreposição dos dados das vulnerabilidades mencionadas resultou no mapa de vulnerabilidade socioambiental. Verificou-se que algumas áreas mais vulneráveis ambientalmente frente às intervenções antrópicas coexistem com a população mais vulnerável socioeconomicamente. As áreas urbanizadas contêm as mais altas vulnerabilidades sociais. Destarte, observa-se que a análise da vulnerabilidade socioambiental tem bastante relevância para o desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica. Com base nessas informações é possível propor ações estratégicas capazes de proporcionar a sustentabilidade e a melhoria da qualidade de vida da população, colaborando, portanto com o ordenamento territorial da área.

**Palavras-chave:** Vulnerabilidade Ambiental. Vulnerabilidade Social. Planejamento ambiental.

### VULNERABILITY SOCIOENVIRONMENTAL OF THE HYDROGRAPHIC BASIN OF CHORÓ RIVER – CE

### ABSTRACT

This research seeks to analyze, from an integrated perspective, the socio-environmental vulnerability of the Choró river basin in the state of Ceará, Northeastern Brazil. Through the ecodynamics of Tricart (1977) with adaptations of Souza (2000) it is possible to establish the conditions of environmental vulnerability of environmental systems. The IPECE (2010) methodology was applied with adaptations by Medeiros (2014) to generate the Social Vulnerability Index - IVS, based on socioeconomic data from the IBGE census sectors regarding the requirements: education, income, social situation and infrastructure/ housing. Then, the systematized data and/or IVS, by sector, were spatialized, obtaining the social vulnerability of the area. The overlapping of the mentioned vulnerabilities data resulted in the socio-environmental vulnerability map. It was found that some areas that are more environmentally vulnerable to anthropic interventions coexist with the most socioeconomically vulnerable population. Urbanized areas contain the highest social vulnerabilities. Thus, it is observed that the analysis of socio-environmental vulnerability is very relevant for the sustainable development of the watershed. Based on this information, it is possible to propose strategic actions capable of providing sustainability and improving the quality of life of the population, collaborating, therefore, with the territorial organization of the area.

**Keywords:** Environmental Vulnerability. Social vulnerability. Environmental planning.

### INTRODUÇÃO

A partir da década de 60 a preocupação em torno da questão ambiental ganhou expressividade, face o avanço dos impactos negativos no meio ambiente decorrentes das práticas econômicas. A ação antrópica tem promovido grandes alterações na paisagem natural acarretando a perda da qualidade ambiental. Ao

apropriar-se dos recursos naturais e/ou ocupar o espaço, muitas vezes, ignora-se as limitações, e as potencialidades dos geossistemas.

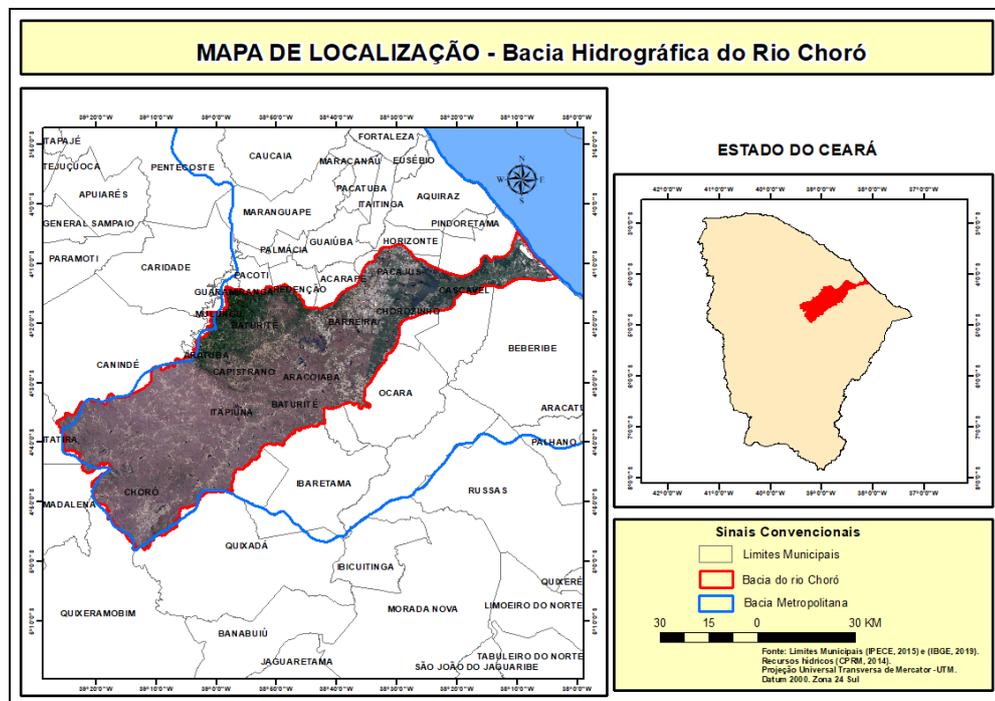
As derivações antrópicas se mostram decisivas nas transformações dos sistemas ambientais. Assim sendo, as mudanças causadas por atividades econômicas em desacordo com a capacidade de suporte do ambiente, reflete-se drasticamente no ambiente físico. Dessa forma, surge a necessidade de subsidiar a apropriação humana sobre os recursos naturais mediante a avaliação da vulnerabilidade ambiental, considerando ainda os indicadores socioeconômicos da população.

Destaca-se que, historicamente, a ocupação do estado do Ceará deu-se principalmente em torno das planícies fluviais. A ocupação inadequada trouxe desequilíbrios ambientais, cada vez mais evidentes e de difícil recuperação. Dentre os principais efeitos negativos do intenso processo de ocupação dessas unidades geoambientais aponta-se a diminuição da biodiversidade. A ocupação do espaço territorial da bacia do rio Choró é bastante complexa, exemplifica-se, com as populações socialmente menos favorecidas residindo em ambientes mais vulneráveis (ARAÚJO, 2021).

Enfatiza-se que a bacia hidrográfica é uma unidade de investigação de comportamento sistêmico, no qual as variáveis naturais e humanas nela presentes estão em interação constante. Sua importância como unidade de pesquisa, planejamento e gestão territorial justifica-se pela possibilidade de visualização concreta das inter-relações entre os seus componentes (ZANELLA et. al., 2013). Desse modo, o objetivo da pesquisa, é analisar de maneira integrada a vulnerabilidade socioambiental da bacia hidrográfica do rio Choró para fins de planejamento ambiental com a finalidade de colaborar com a sustentabilidade dos recursos naturais e qualidade de vida da população.

Quanto à localização e caracterização da área de estudo, a bacia hidrográfica do rio Choró (Figura 1) possui extensão territorial de aproximadamente 4.873 Km<sup>2</sup>. Situa-se na parte oriental da bacia metropolitana, e é a maior dentre as sub-bacias que a compõem. Drena 24 municípios cearenses, destes municípios, destacando-se os que possuem a sede municipal na área: Aracoiaba, Aratuba, Baturité, Barreira, Beberibe, Capistrano, Choró, Chorozinho, Guaramiranga, um trecho do distrito sede de Horizonte, Itapiúna, Ocara, Mulungu e Pacajus (ARAÚJO, 2021).

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Choró, 2021.



Fonte - IPECE, IBGE. Elaborado pelos autores (2021).

O rio principal tem suas nascentes em altitudes pouco superiores a 600 m (serra do Falcão) e deságua a nordeste da vila da Jacarecoara no município de Cascavel. O rio Choró apresenta-se como um rio

consequente estendido, coletando as águas de grande parte da serra do Estevão e principalmente do setor úmido oriental da vertente úmida da serra de Baturité (SOUZA, 1975). Ademais, a bacia drena uma paisagem bem diversificada, havendo terrenos cristalinos Pré-Cambrianos e coberturas Cenozoicas com variadas formas de relevo: superfícies dissecadas, aplainadas e de acumulação.

## **ASPECTOS TEÓRICOS DA VULNERABILIDADE SOCIAL, AMBIENTAL E SOCIOAMBIENTAL**

### ***Vulnerabilidade Social***

A abordagem da vulnerabilidade assume uma polissemia do conceito, tornando-a passível de investigação pelas variadas áreas do conhecimento científico, abrangendo aspectos institucionais e populacionais (SANTOS, 2011). Entretanto, não se trata, nesta pesquisa de delimitar conceitos, apenas esclarecer como esta temática vem sendo tratada no meio acadêmico.

Trata-se um tema emergente em matéria de população e desenvolvimento. A noção de vulnerabilidade social não está consolidada e possui múltiplas interpretações. Na linguagem corrente, vulnerabilidade é "qualidade de vulnerável", ou seja, o lado fraco de um assunto ou questão ou o ponto pelo qual uma pessoa pode ser atacada, lesionada, física ou moralmente (DESCHAMPS, 2008).

Assim sendo, a vulnerabilidade implica risco, fragilidade ou dano. Três situações são necessárias para que se produza um dano: um evento potencialmente adverso, ou seja, um risco, que pode ser exógeno ou endógeno; incapacidade de responder positivamente diante de tal contingência e impossibilidade para adaptar-se ao novo cenário gerado pela materialização do risco (DESCHAMPS, 2008).

A vulnerabilidade social antecede a identificação dos grupos, posto que exige especificar riscos e determinar tanto a capacidade de resposta das unidades de referência como sua habilidade para adaptar-se ativamente. Nesse sentido, a fragilidade institucional e a falta de equidade socioeconômica, podem ser consideradas riscos, pois limitam o desenvolvimento socioeconômico e impedem a coesão social. Numa situação específica como um acontecimento ambiental danoso, tais fatores passam a debilitar a capacidade de resposta de alguns segmentos da sociedade (RODRIGUEZ, 2001).

Conforme Alves (2006), a vulnerabilidade social passa a incorporar a questão da exposição a riscos e perturbações provocadas por mudanças econômicas, expandindo a visão sobre as condições de vida das populações e considerando a maneira como as pessoas enfrentam, ou podem enfrentar, tais perturbações econômicas.

Os autores supracitados, em diferentes abordagens, entendem a vulnerabilidade social estreitamente atrelada à pobreza e aos riscos. Deschamps (2004) aponta que a vulnerabilidade social se encontra diretamente relacionada com grupos socialmente vulneráveis, ou seja, indivíduos que, por determinadas características ou contingências, são menos propensos a uma resposta positiva mediante algum evento adverso.

Diante das colocações acima, entende-se que a noção de risco torna-se fundamental para o desenvolvimento do estudo da vulnerabilidade. De acordo com Olímpio e Zanella (2017), no dia-a-dia há vários riscos presentes em atividades diversas. A materialização dos mesmos é dada pela frequência elevada e pela magnitude reduzida, de tal modo que as sociedades, normalmente, se adaptam. Como exemplos, os acidentes de trânsito, os pequenos crimes e alagamentos.

Outros tipos de riscos distinguem-se pela excepcionalidade, sendo marcados pela magnitude significativa, provocando, em um curto prazo, impactos mais rigorosos sobre a organização do espaço. É o caso das erupções vulcânicas, das enxurradas e das explosões industriais. Enquanto, outros evoluem lentamente, agravando as condições até atingir o limiar em que se estabelece a crise, tais como as secas e as resseções econômicas (OLÍMPIO E ZANELLA, 2017).

No entendimento de Zanella et al. (2009), vulneráveis são aquelas pessoas cujas condições sociais, culturais, étnicas, políticas, econômicas, educacionais e de saúde revelam-se com diferenças estabelecidas entre elas e a sociedade na qual estão inseridas, sendo essas diferenças transformadas em desigualdade.

Ademais, a vulnerabilidade social está diretamente ligada à situação socioeconômica. No que concerne os fatores socioeconômicos que cercam essa dimensão da vulnerabilidade, destacam-se: a distribuição de renda, a escolaridade, a saúde, a moradia, dentre outros. Acrescenta-se ainda a capacidade de enfrentamento dos grupos socialmente vulneráveis a diversas situações na vida ou riscos ambientais.

Consideram-se vulneráveis os indivíduos que, por determinadas características, são tendentes a uma resposta negativa mediante seca, enchente, desemprego, falta de moradia e saúde (ARAÚJO, 2021).

A partir dos conceitos supracitados é possível fazer a seleção das variáveis socioeconômicas para a elaboração do Índice de Vulnerabilidade Social – IVS (explicado no tópico procedimentos metodológicos e operacionais). Vale lembrar, que a preparação do IVS exige uma escolha criteriosa dos indicadores que serão utilizados, considerando inclusive a disponibilidade de dados e os critérios que possam retratar as condições socioeconômicas dos diferentes grupos sociais (SANTOS, 2011). Nesse mesmo sentido, (SEMAS, 2009) esclarece que o IVS é um importante instrumento de representação, pois permite a associação de diferentes variáveis em um indicador sintético, servindo de subsídio para analisar as características de grupos populacionais que vivem em áreas geográficas bem delimitadas.

No entendimento de Medeiros (2014), o uso de um índice de vulnerabilidade social constitui-se em uma importante ferramenta ao permitir a identificação de desigualdades sociais. Isto se torna possível porque o IVS admite uma representação aproximada das condições de vida da população inserida em um determinado território.

### ***Vulnerabilidade ambiental***

A vulnerabilidade ambiental está relacionada às condições naturais que poderão sofrer alterações total ou parcial diante das ações antrópicas afetando a estabilidade dos sistemas ambientais. Nesse sentido a vulnerabilidade ambiental pode ser compreendida com a análise das características ecodinâmicas dos sistemas ambientais, relacionando também à capacidade de resposta do meio físico aos efeitos adversos provocados por ações antropogênicas (SOUZA, 2000; Medeiros, 2014).

Dentro desse contexto, a vulnerabilidade ambiental pode ser apreendida como o grau de exposição que determinado ambiente está sujeito a diferentes fatores que podem acarretar efeitos adversos, tais como impactos e riscos, derivados ou não das atividades socioeconômicas (SANTOS, 2006). No que concerne à vulnerabilidade ambiental, adota-se a proposta de Souza (2000). O autor considera ser fundamental a análise da paisagem conjuntamente com o uso e ocupação como base para a definição da vulnerabilidade ambiental existente nos sistemas ambientais.

Souza (2000) define três categorias para as classes de vulnerabilidade ambiental: vulnerabilidade baixa - ambientes em equilíbrio com a estabilidade morfogênica prevalecendo. Nesses setores não há maiores problemas ambientais para o desenvolvimento das atividades humanas. Para tanto, as atividades antrópicas devem considerar a legislação vigente; vulnerabilidade moderada - representam os sistemas ambientais com ecodinâmica de ambientes de transição, havendo equilíbrio entre as condições de morfogênese e pedogênese. As atividades socioeconômicas devem considerar a legislação vigente para que o equilíbrio ambiental não seja alterado; vulnerabilidade alta - referem-se aos sistemas ambientais com ecodinâmica instável ou fortemente instável.

A ecodinâmica com adaptações de Souza (2000) constitui a base teórica para a metodologia de vulnerabilidade ambiental considerando as potencialidades e limitações dos sistemas ambientais e suas repercussões para o ordenamento territorial da bacia hidrográfica do rio Choró. Medeiros (2014) enfatiza que o enquadramento dos sistemas ambientais em determinada categoria de meio ecodinâmico, possibilita destacar o grau de vulnerabilidade do ambiente e sua sustentabilidade futura, tendencial e desejada, gerando subsídios para o ordenamento territorial.

### ***Vulnerabilidade Socioambiental***

Ao integrar a dimensão social e ambiental na identificação e análise da vulnerabilidade, é possível a adoção da percepção da vulnerabilidade socioambiental. Justifica-se porque a vulnerabilidade aos riscos ambientais depende de fatores sociais, econômicos, tecnológicos, culturais, ambientais e a relação destes

com o ambiente físico-natural, envolvendo, portanto, a dinâmica social e a dinâmica ambiental, esta última, inclusive, quando em estado de degradação (ESTEVES, 2011).

Segundo Olímpio e Zanella (2017), na perspectiva de Mendonça, em suas diversas contribuições, este autor, buscou a integração dos estudos dos fenômenos naturais e sociais sob a perspectiva geográfica ao sistematizar o pensamento de diversos autores alicerçados sobre os princípios sistêmicos. Neste âmbito, adotou-se uma concepção científica que incorpora a fragilidade dos espaços naturais com a vulnerabilidade social, agregando-as em vulnerabilidade socioambiental.

A vulnerabilidade socioambiental pode ser definida como um espaço onde pessoas convivem em ambientes que promovem riscos, expondo indivíduos e grupos sociais às adversidades decorrentes de fenômenos naturais severos (ZANELLA et al, 2009). A vulnerabilidade socioambiental é uma justaposição das dimensões social e ambiental em um determinado território.

Vale mencionar que a vulnerabilidade socioambiental passa, fundamentalmente, pelo conhecimento das condições morfodinâmicas dos sistemas ambientais ensejando a vulnerabilidade ambiental. Os riscos socioambientais, contudo, não podem ser definidos somente com suporte em aspectos naturais. Estes constituem a associação desses fenômenos com a capacidade de proteção dos grupos sociais, ou seja, da vulnerabilidade social (SANTOS, 2011).

Nesse mesmo viés, Medeiros e Souza (2016) afirmam que a vulnerabilidade socioambiental corresponde a um local onde coexistem ambientes e populações em situação de risco, sujeitando os indivíduos às adversidades decorrentes de fenômenos naturais e sociais, tais como, enchentes, deslizamentos de terra, soterramentos, erosão marinha, secas, acometimentos de doenças, perdas de emprego, recessão econômica, dentre outras.

Conforme Olímpio e Zanella (2017) a vulnerabilidade socioambiental leva consigo uma noção de espacialidade, pois através de um conjunto de agentes e objetos geográficos há a construção de espaços em diferentes níveis de risco. Dessa forma, ela não apresenta uma homogeneidade espacial, mas é mais intensa em porções específicas onde se concatenam fatores que a ampliam, resultando em uma distribuição espacial dos riscos naturais que revelam a segregação socioespacial e socioambiental de uma sociedade.

Alves (2006) ressalta que a vulnerabilidade socioambiental é uma categoria analítica que pode expressar, no território, os fenômenos de interação e cumulatividade entre situações de risco e degradação ambiental (vulnerabilidade ambiental) e situações de pobreza e privação social (vulnerabilidade social).

## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS**

Para avaliar a vulnerabilidade social da bacia hidrográfica foram coletados dados socioeconômicos referentes ao censo demográfico/2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Toma-se como referência o setor censitário, por ser a menor unidade de análise. Por meio do programa de Sistema de Informação Geográfica - SIG e geoprocessamento – Arcgis limitam-se os setores censitários, totalizando 565, situados no âmbito da bacia. Os dados tabelados e vetoriais coletados foram sistematizados em combinação com seus formatos originais na planilha do Excel. Essa planilha permitiu a conexão entre as informações coletadas e suas representações vetoriais junto ao Arcgis.

Para gerar o índice de vulnerabilidade social - IVS em nível de setores censitários, primeiramente, deve-se selecionar diversas variáveis (caracterizando várias dimensões de vulnerabilidade como às condições de habitação, saneamento, abastecimento de água, coleta de esgotos e de lixo, renda, educação e situação social). A escolha das variáveis deve estar vinculada as premissas conceituais que atendam aos componentes que se referem à vulnerabilidade somada ao conhecimento que o pesquisador tem da área de estudo. Dentro dessa perspectiva, propõem-se as seguintes variáveis – Quadro1.

Quadro1 - Variáveis e/ou indicadores selecionados para avaliação da vulnerabilidade social, 2021.

<b>Ocupação</b>	<b>Densidade Populacional</b> Quantidade de habitantes por hectare para os setores censitários.
	<b>Educação</b>
<b>Educação</b>	<b>% da população com 15 anos analfabeta.</b> Percentual de pessoas com 15 anos analfabetas. O IBGE (2010) considera analfabeta caso a pessoa não tenha capacidade de leitura e escrita.
	<b>% de chefes de domicílios analfabetos.</b> Percentual de chefes de domicílios analfabetos. O chefe é a pessoa reconhecida pelos moradores como responsável pelo domicílio (IBGE, 2010).
<b>Renda</b>	<b>Indicador - Renda Média Mensal Domiciliar.</b> Incide no rendimento médio mensal (R\$) aos domicílios particulares. Os valores são mensurados <i>per capita</i> quanto aos habitantes.
	<b>Indicador - Variância da Renda Média Domiciliar.</b> Mede a desigualdade de renda, aferindo a variabilidade do valor do rendimento nominal médio por mês em domicílio per capita quanto aos residentes domiciliares particulares com renda. Valor mensurado em R\$.
	<b>Indicador - % de domicílios com renda domiciliar <i>per capita</i> inferior a ½ salário mínimo.</b> Percentual de domicílios com renda inferior a ½ salário mínimo. Os valores são mensurados <i>per capita</i> e em R\$. Corresponhia a R\$ 255,00 em 2010.
<b>Situação Social</b>	<b>Indicador - Razão de dependência</b> Percentual da população menor de 14 anos somada à população maior de 64 anos, dividida pela população em idade (15 a 64) ativa.
	<b>Indicador – % de mulheres chefes de domicílios.</b> Determinado pelo percentual de mulheres chefes de domicílio.
	<b>Indicador – Média de moradores por domicílio.</b> Média do número de moradores em domicílios particulares permanentes.
<b>Habitação e Infraestrutura</b>	<b>Indicador - % de domicílios particulares cedidos.</b> Domicílios particulares permanentes cedidos por empregador.
	<b>Indicador - % de domicílios ligados à rede geral de água.</b> Porcentagem de domicílios com abastecimento de água da rede geral.
	<b>Indicador - % domicílios com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade.</b> Domicílios com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade.
	<b>Indicador -% domicílios com abastecimento de água da chuva/cisterna.</b> Porcentagem de domicílios com abastecimento de água da chuva armazenada em cisterna.
	<b>Indicador - % de domicílios ligados à rede geral de esgoto.</b> Domicílios com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto.
	<b>Indicador - % de domicílios com coleta de lixo.</b> Domicílios com lixo coletado.
	<b>Indicador - % de domicílios com lixo jogado em terreno baldio</b> Domicílios com lixo jogado em terreno baldio
<b>Indicador - % de domicílios com energia elétrica.</b> Domicílios com energia elétrica	

Fonte - Elaborado pelos autores (2021).

Todo indicador foi calculado para os 565 setores censitários da bacia do rio Choró. Desses setores, apenas nove (9) tiveram restrição de acesso aos dados, talvez, por não possuírem domicílios. Diante disso, a área territorial dos respectivos setores foi agregada aos seus vizinhos.

Das dimensões mencionadas, a ocupação refere-se à quantidade de pessoas por setores censitários, esta variável permitiu averiguar a distribuição da população na bacia hidrográfica, salienta-se que essa dimensão não entrou no cálculo do IVS. Na dimensão educação buscou-se obter o nível de escolaridade por está diretamente ligada aos status socioeconômico, uma vez que quanto maior o tempo de estudo maior a renda e conseqüentemente a qualidade de vida.

Os indicadores da dimensão renda explanam as condições de distribuição de renda. A situação social mostra as situações inerentes aos domicílios que ajuda a identificar a vulnerabilidade familiar, como a razão de dependência. Sabe-se que os idosos e crianças requerem maior atenção e cuidados. Cita-se ainda o percentual de mulheres chefes de famílias e a densidade domiciliar. A dimensão habitação e infraestrutura traduzem, através dos indicadores, carências de serviços públicos, tais como saneamento básico, energia elétrica e coleta de lixo. Salienta-se que a falta de saneamento básico pode promover a proliferação de doenças.

A pesquisa se baseou na metodologia proposta pelo Instituto de Pesquisas e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE (2010). A proposta do IPECE de padronização de indicadores considera-se valores de 0 (menor vulnerabilidade) a 1 (maior vulnerabilidade), uma vez que têm indicadores com diferentes unidades de medida, como por exemplo: percentual, valor monetário (R\$), média, entre outros. Assim, um indicador padronizado no setor censitário "s" é obtido através da equação 1:

$$I_{ps} = \frac{I_S - I_{-V}}{I_{+V} - I_{-V}} \quad (1)$$

Onde:

$I_{ps}$  = Valor padronizado do indicador "I" no setor censitário;

$I_S$  = Valor do indicador "I" no setor censitário "s";

$I_{(-V)}$  = Menor valor do indicador "I" dentre o universo de setores censitários;

$I_{(+V)}$  = Maior valor do indicador "I" dentre o universo de setores censitários.

Depois da padronização dos indicadores, a metodologia orienta que o índice de vulnerabilidade social se apresentará a partir da razão média entre o somatório dos resultados dos indicadores padronizados. A equação 2 resume a relação de razão descrita:

$$IVS_s = \frac{\sum_{i=1}^n I_{ps}}{n} \quad (2)$$

Sendo:

$IVS_s$  = Índice de Vulnerabilidade Social relativa ao setor censitário "s";

$I_{ps}$  = Índice padronizado "I" ao setor censitário específico "s" cotado;

n = Número do universo amostral dos setores censitários considerados.

Ressalta-se que nem todos os indicadores tem relação direta com a vulnerabilidade social. Nos casos onde há uma relação direta de vulnerabilidade, ou seja, o menor valor do indicador remete a vulnerabilidade mais baixa e o maior valor indica vulnerabilidade mais alta, tem-se  $I_{-V} = I_{min}$  e  $I_{+V} = I_{max}$ . Como exemplo deste tipo de indicador cita-se o percentual de chefes de domicílios analfabetos. Por outro lado, nos casos de relação inversa com a vulnerabilidade, onde o menor valor aponta a

maior vulnerabilidade, tem-se  $I+V = I_{min}$  e  $I-V = I_{max}$ . Um exemplo de indicador nesta situação é a renda média mensal domiciliar (ARAÚJO, 2021).

A partir desses dados a pesquisa estabeleceu classes de vulnerabilidade social baseada na média encontrada e no desvio padrão dos IVS. Deste modo, têm-se 5 graus de vulnerabilidade social, classificados e descritos: vulnerabilidade alta - valores superiores ao índice médio somado ao valor do desvio-padrão (classe 1); vulnerabilidade média/alta - valores maiores que o valor médio e menores que a média mais o valor do desvio padrão, por setores censitários (classe 2); vulnerabilidade média - valores igual à média e superior ao desvio padrão (classe 3); vulnerabilidade média/baixa - valores inferiores ao desvio padrão e superiores à média menos o desvio padrão (classe 4); vulnerabilidade baixa - para índices com valores inferiores à média menos o desvio padrão (classe 5).

Após o cálculo do IVS e a definição das classes de vulnerabilidade social, a planilha do excel foi transferida para o programa Arcgis, sendo possível a espacialização dos resultados da vulnerabilidade social.

### ***Vulnerabilidade ambiental***

Para a identificação dos sistemas ambientais partiu-se do critério geomorfológico, tendo em vista que o relevo reflete melhor as relações existentes entre os componentes ambientais, e é relativamente mais perceptível na descrição da paisagem. Parte-se do princípio de que a compartimentação geomorfológica é herança da evolução geoambiental Tércio-Quaternária. Além disso, os sistemas ambientais foram hierarquizados com base na interpretação de imagens de satélite e em escala compatível (ARAÚJO, 2021).

Para avaliar a vulnerabilidade ambiental dos sistemas ambientais, adotou-se o estado das condições ecodinâmicas Tricart (1977), com adaptações de Souza (2000, 2015). Nos trabalhos de Souza (1981; 2000; 2015) o suporte para a delimitação das unidades geoambientais traz como base os princípios da Geomorfologia. Souza (2015) reitera que a compartimentação geomorfológica é o ponto de partida para a delimitação dos sistemas ambientais. O mapeamento produzido serviu de base para indicar a capacidade de suporte e conseqüentemente a vulnerabilidade ambiental.

### ***Vulnerabilidade socioambiental***

No domínio da Geografia, diversos trabalhos utilizaram o geoprocessamento como ferramenta de integração da vulnerabilidade social e ambiental, dentre estes, cita-se Santos (2011); Zanella et al. (2013); Medeiros (2014). Assim sendo, através do geoprocessamento foi realizada a sobreposição dos setores censitários nas seguintes condições (população qualificada na condição de alta, alta/média, média, baixa/média e baixa vulnerabilidade social) sobre o mapa de vulnerabilidade ambiental que conforme a condição natural apresentará (Vulnerabilidade baixa, moderada, alta). Desse modo, é viável identificar áreas da bacia hidrográfica onde ocorre maior vulnerabilidade socioambiental.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### ***Vulnerabilidade Social***

A Figura 2 apresenta o mapa com a espacialização dos índices de vulnerabilidade social na bacia do rio Choró divididos por setores censitários. Dos 565 setores analisados, observa-se que prevalece vulnerabilidade social média/alta a média/baixa. Exibem ainda a categoria de vulnerabilidade baixa apenas no médio e baixo curso do rio Choró. De acordo com Araújo (2021), os setores censitários na sub-bacia do rio Aracoiaba apresentam diferenças de condições de vulnerabilidade, variando da alta a baixa, mesmo estando vizinhos e espacializados em um mesmo município. De modo geral observa-se que as áreas rurais são menos vulneráveis.

As classes de vulnerabilidade social estão distribuídas na bacia na seguinte proporção: Vulnerabilidade baixa abrange uma área de 13,2 km<sup>2</sup>, a vulnerabilidade média/baixa uma área de 1488,5 km<sup>2</sup>, a vulnerabilidade média 3061 km<sup>2</sup>, a vulnerabilidade média/alta 299,6 km<sup>2</sup> e a alta vulnerabilidade apresenta uma área de 10,7 km<sup>2</sup> (ARAÚJO, 2021).



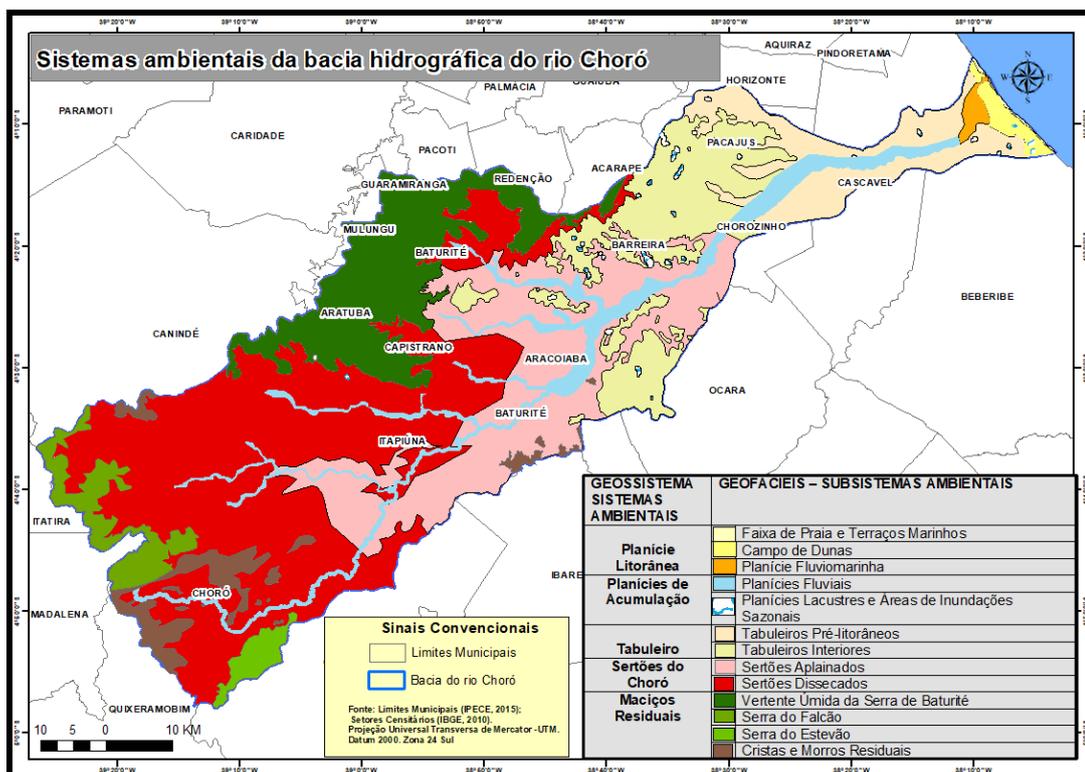
bioecológica resultando nos distintos arranjos de paisagens que representam unidades de organização do ambiente natural. Em cada geossistema confere-se um relacionamento harmônico entre seus componentes, dotados de potencialidades e limitações peculiares sob o ponto de vista dos recursos naturais.

Conforme Souza (2015), os sistemas ambientais são agregados por variados componentes que mantêm relações recíprocas entre si, sendo perpetuamente sujeitos às trocas de matéria e de energia. Os componentes são relativos ao suporte (litotipos, geofomas e águas subterrâneas), ao envoltório (clima e águas superficiais) e à cobertura (solos e biodiversidade).

Partindo do entendimento da diversidade interna dos geossistemas foram traçadas, subunidades elementares contidas no mesmo sistema de relações, os geofácies. A paisagem adquire uma importância significativa para a delimitação dos geofácies, devido à homogeneidade, pois as subunidades internas dos geossistemas apresentam maior uniformidade (ARAÚJO, 2021).

Sob o aspecto das interações entre os componentes geoambientais foram identificados os seguintes geossistemas: Planície Litorânea com os seguintes geofácies (faixa de praia e terraços marinhos, dunas móveis, semifixas e fixas, planície fluviomarinha do rio Choró); Planícies de acumulação e seus geofácies (planícies fluviais, planícies lacustres e áreas de inundação sazonal); Tabuleiros e os geofácies (tabuleiros pré-litorâneos e tabuleiros interiores); Sertões do Choró e os geofácies (sertões dissecados, sertões aplainados); Maciços Residuais e seus geofácies (vertente úmida da serra de Baturité, serra do Estevão, serra do Falcão, cristas e morros residuais) – Figura 3.

Figura 3 - Mapa dos sistemas ambientais na bacia hidrográfica do rio Choró, 2021.



Fonte - Elaborado pelos autores (2021).

Sob a luz das recomendações de Souza (2018), compreende-se que os sistemas ambientais compõem a base natural para a organização do território, em consonância com as necessidades de proteção, conservação e recuperação dos recursos naturais e, conseqüentemente, atendendo requisitos do desenvolvimento sustentável. O ordenamento territorial constitui uma das áreas estratégicas da concepção do desenvolvimento sustentável. No Brasil, um dos programas prioritários para o ordenamento territorial é o Zoneamento Ecológico-Econômico ou Zoneamento Ambiental.

A avaliação da capacidade de suporte dos sistemas ambientais refere-se às potencialidades e limitações. De modo que as potencialidades (Souza, 2015) indicam favorabilidades ou atividades compatíveis com os limites de tolerância de cada sistema. O citado autor exemplifica: disponibilidade de recursos hídricos,



Figura 5 - Unidades de intervenção conforme a vulnerabilidade ambiental dos sistemas ambientais da bacia do rio Choró, 2021.

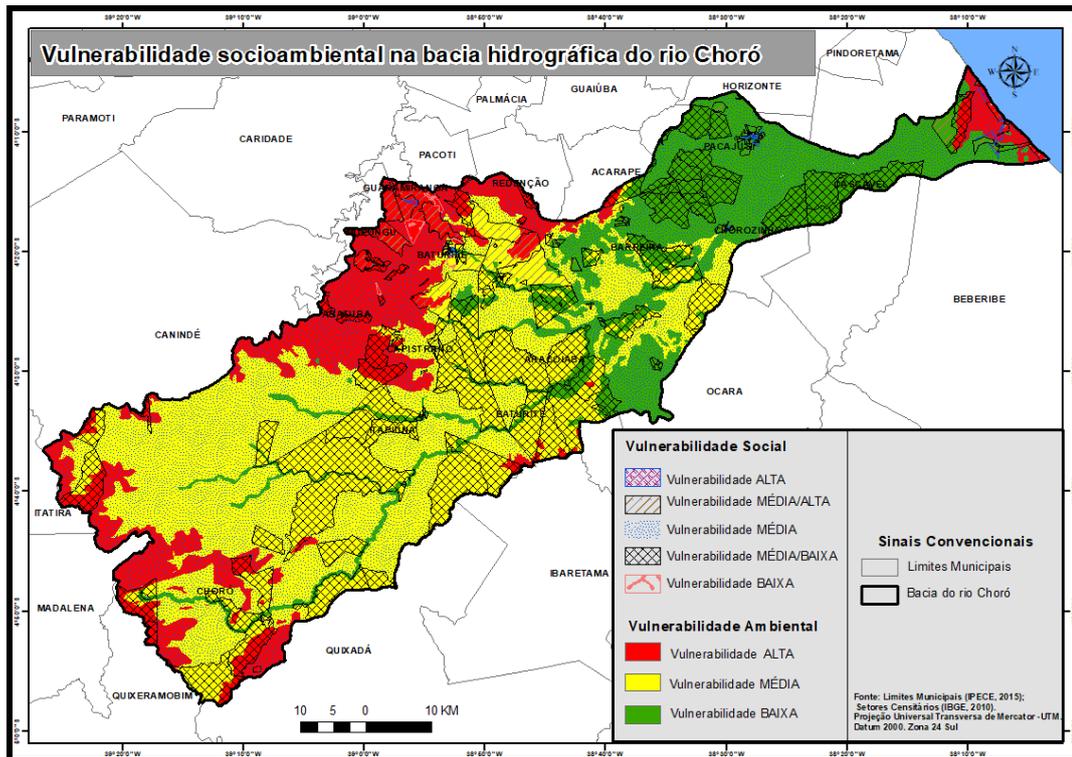
ÁREAS VULNERÁVEIS COM ECODINÂMICA DE AMBIENTES INSTÁVEIS		ÁREA/KM <sup>2</sup> 1.011	PORCENTAGEM 20,7 %
<b>AVfp</b>	faixa de praia e terraços marinhos	5	0,1 %
<b>AVcd</b>	campo de dunas	40	0,8 %
<b>AVpf</b>	planície fluviomarinha	23	0,5 %
<b>AVvu</b>	vertente úmida da serra de Baturité	586	12,0 %
<b>AVse</b>	serra do Estevão	54	1,1 %
<b>AVsf</b>	serra do Falcão	161	3,3 %
<b>AVcm</b>	cristas e morros residuais	142	2,9 %
ÁREAS MEDIANAMENTE VULNERÁVEIS COM ECODINÂMICA DE AMBIENTES DE TRANSIÇÃO		ÁREA/KM <sup>2</sup> 2.677	PORCENTAGEM 54,9%
<b>AMVsa</b>	sertões aplainados	955	19,6%
<b>AMVsd</b>	sertões dissecados	1.722	35,3%
ÁREAS DE BAIXA VULNERABILIDADE COM ECODINÂMICA DE AMBIENTES MEDIANAMENTE ESTÁVEIS		ÁREA/KM <sup>2</sup> 1.185	PORCENTAGEM 24,3%
<b>ABVpf</b>	planícies fluviais	321	6,6%
<b>ABVpl</b>	planícies lacustres e áreas de inundação sazonal	24	0,5%
<b>ABVtp</b>	tabuleiros pré-litorâneos	347	7,1%
<b>ABVti</b>	tabuleiros interiores	493	10,1%

Fonte - Elaborado pelos autores (2021).

### **Vulnerabilidade Socioambiental**

O mapa de vulnerabilidade socioambiental representa um importante recurso para o processo de tomada de decisão ao indicar, espacialmente, as condições socioeconômicas da população associando-as com a dinâmica dos sistemas ambientais (Zanella et al., 2013). Essa sobreposição (Figura 6) representa uma contribuição importante para o ordenamento territorial, sendo assim, este mapeamento traz subsídios relevantes para a implementação das políticas públicas.

Figura 6 - Mapa da vulnerabilidade socioambiental na bacia hidrográfica do rio Choró, 2021.



Fonte - Elaborado pelos autores (2021).

Observa-se que, no alto Choró, prevalece população com vulnerabilidade social média a média/baixa, distribuída em ambientes da depressão sertaneja (com média vulnerabilidade ambiental) e maciços residuais, cristas e morros residuais (alta vulnerabilidade ambiental) e planície fluvial (baixa vulnerabilidade ambiental).

Destaca-se que alguns setores da planície fluvial do rio Choró no distrito de Caio Prado/Itapiúna, na sede do município de Choró e no distrito de Dom Maurício na serra do Estevão por apresentarem maior vulnerabilidade social. Zanella et al. (2013) afirmam que a ocupação das planícies fluviais é, notadamente, exemplo do processo histórico de exclusão social, sendo esses espaços normalmente ocupados pela população socialmente vulnerável, em termos de acesso à infraestrutura, educação, renda, dentre outros. Nestas áreas, a população mais pobre é acometida por desastres hidroclimatológicos, sobretudo em anos de quadra chuvosa rigorosa.

No médio Choró predomina população com vulnerabilidade social média a média/baixa, distribuída em ambientes que variam entre alta a baixa vulnerabilidade ambiental – maciços residuais, cristas e morros residuais, depressão sertaneja, planícies fluviais, planície Lacustre e tabuleiros interiores. No entanto, destacam-se setores com média/alta vulnerabilidade social em áreas urbanas (Aratuba), situados em ambiente de alta vulnerabilidade ambiental (serra de Baturité), e na sede (Itapiúna) na planície fluvial (baixa vulnerabilidade ambiental) do rio Castro e ainda na planície fluvial do rio Choró. Destaca-se também vulnerabilidade média/alta na sede de Capistrano em ambientes de depressão sertaneja (média vulnerabilidade ambiental).

A classe de alta vulnerabilidade social é encontrada em alguns setores urbanos (Guaramiranga, Mulungu e Baturité) em ambientes de alta (serra de Baturité) e média (depressão sertaneja) vulnerabilidade ambiental. As áreas com alta vulnerabilidade socioambiental podem ser alvo de atenção do poder público, havendo o estabelecimento e implementação de políticas públicas que lidam com as situações de vulnerabilidade socioambiental. Como exemplos, políticas de habitação e saneamento, podendo amenizar as condições de vulnerabilidade.

Nas depressões sertanejas, que têm média vulnerabilidade ambiental, prevalece a maioria dos setores censitários que possuem população na situação de média e média/baixa vulnerabilidade social. De acordo com Souza (2007), as limitações geoambientais da depressão sertaneja para o uso e ocupação

correspondem à deficiência de recursos hídricos e a baixa fertilidade e a suscetibilidade à erosão dos solos.

No que concerne aos tabuleiros interiores (baixa vulnerabilidade ambiental) apresenta média/alta e média vulnerabilidade social. Por serem subsistemas medianamente estáveis, consideram-se, ambientes favoráveis à expansão urbana. Entretanto, devem seguir as condições de saneamento ambiental e as recomendações dos Planos Diretores.

No baixo Choró prevalecem ambientes com baixa vulnerabilidade ambiental (tabuleiros) com destaque para população com média e média/baixa vulnerabilidade social. Alguns setores com alta vulnerabilidade social, exclusivamente, em áreas urbanas (Beberibe, Chorozinho e Pacajus) estão situados em ambientes de tabuleiros, planícies fluvial e litorânea. Setores com média/alta vulnerabilidade social são distribuídos nas áreas urbanas (Antônio Diogo/Redenção, Barreira, Beberibe, Jacarecoara/Cascavel, Chorozinho, Queimadas/Horizonte, Horizonte, Ocara e Pacajus). Na planície litorânea (alta vulnerabilidade ambiental) destaca-se população com vulnerabilidade alta, média/alta, média e poucos setores com média/baixa vulnerabilidade social.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sobreposição das informações de ordem ambiental e socioeconômica possibilitou a análise da vulnerabilidade socioambiental da bacia hidrográfica. Esses resultados são indispensáveis para o planejamento socioambiental, por fornecer, especialmente, as condições socioeconômicas da população associando-as à ecodinâmica dos sistemas naturais. Comprova-se a eficiência da análise geoambiental conjugada com os dados socioeconômicos por resultar em elementos que podem servir de orientação para o ordenamento territorial da área.

Suscintamente, a vulnerabilidade social da bacia é constituída por espaços, majoritariamente, de vulnerabilidades média/alta a média/baixa. Acrescenta-se que a classe de alta vulnerabilidade está presente em áreas urbanizadas. Ademais, procura-se fornecer conhecimento das vulnerabilidades ambientais e sociais ocorrentes na bacia hidrográfica do rio Choró, com a intenção de proporcionar ao poder público e sociedade em geral, informações relevantes para o processo de planejamento territorial, contribuindo, decisivamente, com as práticas de desenvolvimento sustentável.

### REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P. A. de. Compartimentação geossistêmica e vulnerabilidade socioambiental visando o ordenamento territorial na bacia do rio Choró-Ceará. **Tese de doutorado**, UECE, 2021, p. 239.

ALVES, H.P. da F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**. São Paulo, v.23, n.1, p. 43-59, jan./jun. 2006.  
<https://doi.org/10.1590/S0102-30982006000100004>

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário**. Rio de Janeiro, 2011.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE. **Índice Municipal de Alerta 2010**. Fortaleza. 2010. Disponível em: <[www.ipece.ce.gov.br](http://www.ipece.ce.gov.br)>. Acesso em: 10 fev. 2020.

DESCHAMPS, M.V. Vulnerabilidade Socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba. Curitiba: UFPR, 2004. 155p. **Tese de Doutorado**. Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

\_\_\_\_\_. Estudo sobre a vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, **Cadernos Metrópole**, n. 19, p. 191-219 jan./jun. 2008.

ESTEVES, C. J. de O. RISCO E VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL: ASPECTOS CONCEITUAIS. **Cad. IPARDES**. Curitiba, PR, v.1, n.2, p. 62-79, jul./dez. 2011.

MEDEIROS, C. N. de. Vulnerabilidade socioambiental do município de Caucaia (CE): Subsídios ao ordenamento territorial. **Tese de doutorado**, UECE, 2014. p.267.

\_\_\_\_\_; SOUZA, M.J.N.de. METODOLOGIA PARA MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL: CASO DO MUNICÍPIO DE CAUCAIA, ESTADO DO CEARÁ REDE – **Revista Eletrônica do PRODEMA**. Fortaleza, Brasil, v. 10, n. 1, p. 54-73, jan./jun. 2016.

OLÍMPIO, J. L.S.; ZANELLA, M. E. Emprego da Tecnologia da Geoinformação na determinação das vulnerabilidades natural e ambiental do município de Fortaleza / CE. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 64, p. 1-12, 2012. <https://doi.org/10.14393/rbcv64n1-43772>

\_\_\_\_\_; ZANELLA, M. E. RISCOS NATURAIS: CONCEITOS, COMPONENTES E RELAÇÕES ENTRE NATUREZA E SOCIEDADE. **Raega**. Curitiba, v.40, p. 94 -109, Ago, 2017. <https://doi.org/10.5380/raega.v40i0.45870>

RODRÍGUEZ, J. 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.

SANTOS, J. O. Fragilidade e Riscos Socioambientais em Fortaleza - CE: contribuições ao ordenamento territorial. **Tese de Doutorado**. Programa de Pós-Graduação em Geografia Física - USP. São Paulo - SP. 2011.

SEMAS - Secretaria Municipal de Assistência Social. **Índice da Vulnerabilidade Social**. Relatório técnico. Fortaleza - CE. 2009. 26p.

SOUZA, M. J. N. de. Geomorfologia do vale do Choró, CE. **Tese de mestrado**. IGEOG – USP, Nº 16, São Paulo, 1975.

\_\_\_\_\_. Geomorfologia e condições ambientais dos vales do Acaraú-Coreaú – Ceará. São Paulo: **Tese de Doutorado em Geografia**. Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, 1981.

\_\_\_\_\_. Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L. C; SOUZA, M. J. N; MORAES, J. O. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE. 2000.p.13-98.

\_\_\_\_\_. Compartimentação Geoambiental do Ceará. In: SILVA, J.B; CAVALCANTE, T.C, DANTAS, E.W.C; SOUZA, M.S. (org) **Ceará: um novo olhar geográfico**. 2ª Ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, p.127- 140, 2007.

\_\_\_\_\_. Mapeamento de sistemas ambientais e aplicações práticas para a conservação da natureza e o ordenamento territorial. **Revista Equador**, v. 4, n. 3, p. 161-173, 2015.

\_\_\_\_\_. GEOMORFOLOGIA E PLANEJAMENTO AMBIENTAL. **Revista de Geografia**, Recife, v. 35, N. 4 (especial XII SINAGEO), 2018. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2018.238237>

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

ZANELLA, M. E. COSTA, M. C. D; PANIZZA A. C; ROSA, M. V. Vulnerabilidade socioambiental de Fortaleza. In: DANTAS, E. W. C.; COSTA, M. C. L. (Orgs.). **Vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza: Edições UFC, p. 191-215. 2009.

\_\_\_\_\_; OLÍMPIO, J.L.; COSTA, M.C.L.; DANTAS, E.W. C. Vulnerabilidade socioambiental do Baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE. **Revista Sociedade e Natureza**, nº 25, v. 2, p. 317-332. 2013. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132013000200009>

---

Recebido em: 14/07/2021

Aceito para publicação em: 18/02/2022