



Análise da fragilidade ambiental na bacia do Riacho do Tigre em São João do Tigre, Paraíba

Analysis of environmental fragility in the riacho do Tigre basin in São João do Tigre, Paraíba

Mariá Pires Cunha Graciano Romano 

Mestre em Geografia

Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil

e-mail, mariapcgr@outlook.com

André Oliveira Trigueiro Castelo Branco 

Doutorando em Geografia

Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil

e-mail, andretigueiro.geo@gmail.com

Jonas Otaviano Praça de Souza 

Doutor em Geografia

Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil

e-mail, jonas.souza@academico.ufpb.br

Resumo

A análise ambiental a muito tempo faz parte de uma preocupação do homem para com o território devido a intensa utilização de recursos naturais. Nessa perspectiva, tem-se a análise da fragilidade ambiental como forma de entender o comportamento e possibilidades de uma determinada região, quais são as áreas mais e menos susceptíveis a mudanças, e dessa forma, parametrizar os valores referentes as respectivas fragilidades. A bacia do Riacho do Tigre está localizada na região semiárida e foi analisada utilizando o método de Ross (1994) adaptada à região e suas especificidades, considerando que esta metodologia tem maior aplicação em ambientes úmidos. O contexto histórico de atividades antrópicas resultou em altos valores de fragilidade ambiental, com resultados atenuados em áreas com vegetação de caatinga densa e em área mais elevadas. O presente quadro se deve ao acúmulo de ações não planejadas e a recorrente negligencia com a conservação da caatinga e do semiárido nordestino.

Palavras-chave: Semiárido; Classificação; Degradação; Antropismo; Gestão Territorial.



<https://doi.org/10.28998/contegeo.10i.24.17788>

Artigo publicado sob a Licença Creative Commons 4.0

Submetido em: 05/06/2024

Aceito em: 03/10/2025

Publicado: 17/12/2025

e-Location: 17788

Abastracn

Environmental analysis has long been a concern of humans regarding the territory due to the intense use of natural resources. From this perspective, the analysis of environmental fragility is seen to understand the behavior and possibilities of a given region, identifying which areas are more and less susceptible to changes, and thus parameterizing the values related to the respective fragilities. The Riacho do Tigre basin is in the semi-arid region and was analyzed using the Ross method (1994) adapted to the region and its specificities, considering that this methodology is more commonly applied in humid environments. The historical context of anthropogenic activities resulted in high values of environmental fragility, with attenuated results in areas with dense caatinga vegetation and in higher elevation areas. This current situation is due to the accumulation of unplanned actions and the recurrent neglect of the conservation of the caatinga and the northeastern semi-arid region.

Key-words: Classification; Degradation; Anthropophism; Territorial Management.

INTRODUÇÃO

Mapeamentos de fragilidade ambiental corroboram as mais diversas esferas de planejamento territorial e auxiliam no reconhecimento das especificidades locais (ROSS, 1990). Essa ferramenta de gestão ganha importância por apresentar áreas com potencias variados, tanto para cuidados técnicos quanto para aproveitamentos sociais diversos, de acordo com as características ambientais (SPÖRL; ROSS, 2004; MASTRONARDI; CAVALLO; ROMAGNOLI, 2022), ou seja, componentes ambientais (ROSS, 1994) que podem apresentar maior ou menor potencial de fragilidade (SALES; NASCIMENTO, 2019).

As manifestações antrópicas no cenário ambiental podem ser reconhecidas de variadas formas, estando associadas a diversas atividades (FERREIRA LEITE; CORTINES, 2024). Dessa forma, a aplicação de métodos e procedimentos que identifiquem áreas e classifiquem-nas sob o olhar do grau de fragilidade ambiental pode apresentar ganhos potenciais no desenvolvimento de políticas públicas de gestão ambiental territorial (GONÇALVES et al., 2011; SANTOS, 2015; MASTRONARDI; CAVALLO; ROMAGNOLI, 2022).

Ao serem analisadas do ponto vista estratégico, as bacias hidrográficas acabam por coadunar uma proposta de unidade básica de planejamento (SOUZA; ALMEIDA, 2015), de análise integrada dos componentes ambientais (SPÖRL; ROSS, 2004; SANTOS, 2015) e a associação das atividades antrópicos sobre um mesmo

território (GONÇALVES et al., 2011). Tendo potencial de aproveitamento na gestão da paisagem semiárida do nordeste brasileiro (RAMALHO, 2013).

O semiárido brasileiro ainda apresenta desafios diversos de gestão territorial, de modo que as demandas passam desde o uso racional dos recursos naturais associada a preservação e proteção desses recursos, somando-se às demandas sociais que se encontram no cerne de políticas públicas. Entre as especificidades que compõem essas áreas, destaca-se a predominância de rios intermitente e efêmeros, contextos litológicos variados, irregularidade pluviométrica e solos pouco desenvolvidos (CORRÊA, 2012; SALES; NASCIMENTO, 2019; SOUZA; CORRÊA, 2019).

A análise de fragilidade ambiental (ROSS, 1994) ganhou destaque e aplicações com objetivos e áreas variáveis, especialmente com o advento e crescimento de ferramentas computacionais, com o uso de Sistemas de Informações Geográficas – (DONHA; SOUZA; SUGAMOSTO, 2006; VASHCHENKO; FAVARETTO; BIONDI, 2007; GONÇALVES et al., 2011; SANTOS, 2015) e no desenvolvimento de novas propostas de análise (MOROZ-CACCIA GOUVEIA; ROSS, 2019; MASTRONARDI; CAVALLO; ROMAGNOLI, 2022).

De modo geral, o uso de modelos de fragilidade ambiental ainda possuem aplicações incipientes em bacias hidrográficas semiáridas, mesmo com o aumento e diversificação dos trabalhos que estudam o tema associado a bacias hidrográficas (GONÇALVES et al., 2011; SALES; NASCIMENTO, 2019; SANTOS et al., 2021). A aplicação de modelos, com ajustes metodológicos ou não, sugere o exame aproximado dos resultados obtidos de modo a validar as informações alcançadas.

Dessa forma, a proposta do trabalho é aplicar o modelo de Fragilidade Ambiental proposto por Ross (1994), aplicado/adaptado com ênfase na parametrização detalhada dos níveis de fragilidades do componentes ambientais constantes na paisagem semiárida, analisando os resultados da aplicação. Busca-se reconhecer áreas com potencial para monitoramentos e indicativas de ações assertivas por parte do poder sejam essas voltadas a preservação ou recuperação.

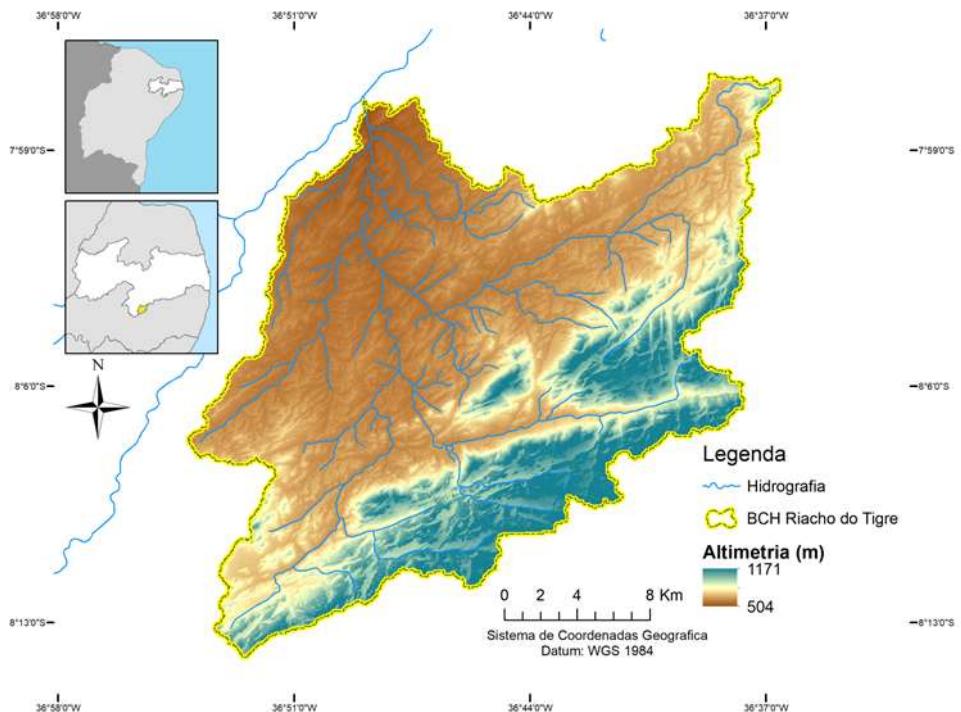
Para tanto, foi selecionada bacia hidrográfica do riacho do Tigre (BHRT), área com histórico de ocupação antrópica e modificações da paisagem, além de características ambientais com forte relação com fatores abióticos e gestão ambiental atrelada a Unidade de Conservação estadual de Uso Sustentável, a APA das Onças.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do riacho do Tigre está predominantemente no município de São João do Tigre, localização na porção sul do estado da Paraíba, na microrregião do Cariri Ocidental. Com altimetria variando entre 1.171m e 504m (Figura 1), com cotas mais elevadas na porção sul e sudeste, associadas ao complexo de serras, e áreas mais baixa ao norte e centro da bacia hidrográfica. Encravada no Planalto da Borborema, especificamente nos limites da Depressão Intraplanáltica Paraibana e o Maciços Remobilizados da Zona Transversal (CORRÊA et al., 2010). Registrando pluviometria média de 440mm por ano, nas áreas mais baixas, sendo que não há dados pluviométricos para as cotas superiores, e período chuvoso concentrado entre os meses de janeiro e maio, com distribuição irregular.

Soma-se a conjuntura socioambiental da bacia hidrográfica a presença da Área de Preservação Ambiental das Onças chama de “APA das Onças”, Unidade de Conservação (UC) estadual de Uso Sustentável, alcançando especialmente as áreas mais elevadas da bacia hidrográfica.

Figura 1 - Mapa de Localização do Município de São João do Tigre.



Org.: Elaborado pelos autores

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizada a metodologia desenhada por Ross (1994) e Spörl e Ross (2004), que considerou os níveis de fragilidade com base nas variáveis naturais da paisagem (Geologia, Cobertura da Terra, Pedologia, Clima e Declividade).

A base de dados utilizada, com base em dados secundários, aglutinou dados de geologia oriundo de levantamentos institucionais do Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, em escala de 1:100.000. (ACCIOLY, 2015). Os dados de uso e cobertura do solo, classes pedológicas e clima foram coletados no portal SIG-Plano da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA/PB (AESPA, 2021) e oriundos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

A classificação da declividade utilizou as classes da EMBRAPA (1999), geradas a partir de Modelo Digital de Elevação – MDE/TOPODATA (VALERIANO, 2005; VALERIANO; ROSSETTI; ALBUQUERQUE, 2009).

A parametrização dos fatores ambientais adotada foi a desenvolvida por Ross (1994), contudo, foram necessárias adaptações as características da paisagem semiárida. A faixa de valores desses parâmetros variou entre 1,0 e 5,0 em cada uma das variáveis consideradas, de acordo com as características ambientais identificadas.

Para a geologia, foi utilizada a escala de dureza Mohs para a identificação da dureza desses minerais presentes na litoestratigrafia. Contudo, considerando que as litologias estão misturadas no interior da bacia, foi realizado a média das fragilidades de cada classe de rocha de acordo com seu mineral (de acordo com a escala de dureza de Mohs) e sua natureza (sedimentar, ígnea ou metamórfica) dentro da outra classe cuja presença está inserida e se apresenta na litoestratigrafia dos terrenos (Quadro 1).

Quadro 1 - Fragilidade das litologias

Mineralogia	Litologia	Fragilidade
Calcário	Metacalcário, Metapelito, Paragnaisse	5
Feldspato/ Plagioclásio	(Meta) Granodiorito, Monzogranito, Metadacito, Gnaisse, Metadacito, Metavulcanica, Monzogranito, Sienogranito	3
Quartzo	Quartzito, Granito, Metagranito, Metamonzonito, Metassienito, Metatalonalito	2

Org.: Elaborado pelos autores.

A partir desses valores, foi retirada as médias e arredondado os valores para cada classe da geologia (Quadro 2) e alcançamos médias que concluem em litologias pouco frágeis.

Quadro 2 - Classe de fragilidade das classes de rochas.

Classes	Fragilidade
Gnaisse, Metacalcário, Quartzito	3
Granito, Granodiorito	3
Granito, Granodiorito, Monzogranito	3
Metadacito, Metapelito, Paragnaisse, Quartzo, Metavulcanica	4
Metagranito, Metagranodiorito,	2
Metagranito, Metamonzonito, Metassienito, Metatonalito	2
Monzogranito, Sienogranito	3

Org.: Elaborado pelos autores.

A Classificação de uso cobertura considerou o potencial de fragilidade das áreas com base nas características da vegetação, se preservada ou degradada, ou se as áreas apresentam algum uso antrópico em geral (predomínio das atividades agrossilvipastoris (SILVA; SOUZA, 2017)), tendo por base o Manual Técnico da Vegetação Brasileira e a classificação utilizada por Souza (2008) que identificou as formações vegetais presentes na área, a exemplo da caatinga arbustiva fechada e aberta, associada a áreas mais preservadas com maior (fechada) ou menor (aberta) densidade de vegetação (SOUZA, 2008).

Assim, foram então enquadradas de acordo com seu potencial de fragilidade, entre pouco frágil a muito frágil, em uma escala de 1 à 5, que é uma adaptação de Ross (1994) que enumerou as classes de proteção do solo partindo do mais protegido para o menos protegido (Quadro 3).

Quadro 3 - Valores de fragilidade definidos para as classes de cobertura da terra.

Classes de uso e cobertura	Fragilidade
Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada	3
Caatinga Arbórea Fechada	3
Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta	4
Antropismo	5

Org.: Elaborado pelos autores, adaptado de Ross (1994)

Quanto as classes de solo na área, foram considerados comentários de (ROSS, 1994) ao apontar que solos com maior presença de argila possuem maior resistência a degradação do que solos predominantemente arenosos. Auxiliando tal contexto, que durante atividade de campo, em que predominava neossolo, foram observados excessos de detritos, reforçando o entendimento do seu caráter friável e reforçando a compreensão da fragilidade alta associada a classe.

Coordenação de recursos naturais e estudos ambientais.

Quadro 4 - Valores de fragilidade das classes de solo

Solo	Fragilidade
Luvissolo Crômico	3
Neossolo Litólico	5
Neossolo Regolítico	4

Org.: Elaborado pelos autores.

Por seguinte, tratando da variável da declividade, foi considerada inicialmente que quanto mais dissecado o relevo maior será sua fragilidade, dessa forma nas áreas mais dissecadas, as atividades erosivas são mais intensas. Sendo utilizada a classificação da Embrapa (1999) constante no Manual Técnico de Pedologia do IBGE (2015). Assim, paulatinamente com o relevo, a fragilidade aumenta proporcionalmente, dessa forma os valores são delegados de 1 a 5 de acordo com a declividade do mais plano ao mais escarpado (Quadro 5).

Quadro 5 - Valores de fragilidade para as classes de declividade

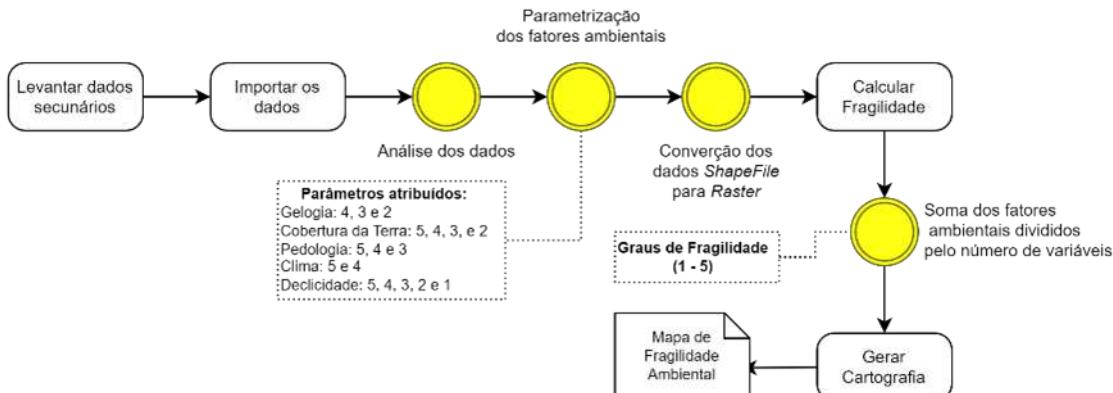
Relevo	Fragilidade
Plano e Suave Ondulado	1
Ondulado	2
Forte Ondulado	3
Montanhoso	4
Escarpado	5

Org.: Elaborado pelos autores.

Outrossim, foi a adoção de perspectiva integrada entre as variáveis ambientais, de modo que o relacionamento entre elas resulta e/ou desenvolve processos e formas e níveis hierárquicos diferentes (Figura 2). As informações temáticas foram inseridas em banco de dados em ambiente SIG, viabilizando a manipulação e análise. Essas, se deram através da parametrização dos fatores ambientais de modo a sustentar o cálculo

de fragilidade, na medida que foram atribuídos valores as características de acordo com as especificidades. Por seginte, foram gerados dados cartográficos para os fatores ambientais e os resultados do cálculo de fragilidade através da álgebra de mapa.

Figura 2 - Fluxograma de procedimentos adotados



Org.: Os autores, adaptado de Ross (1994).

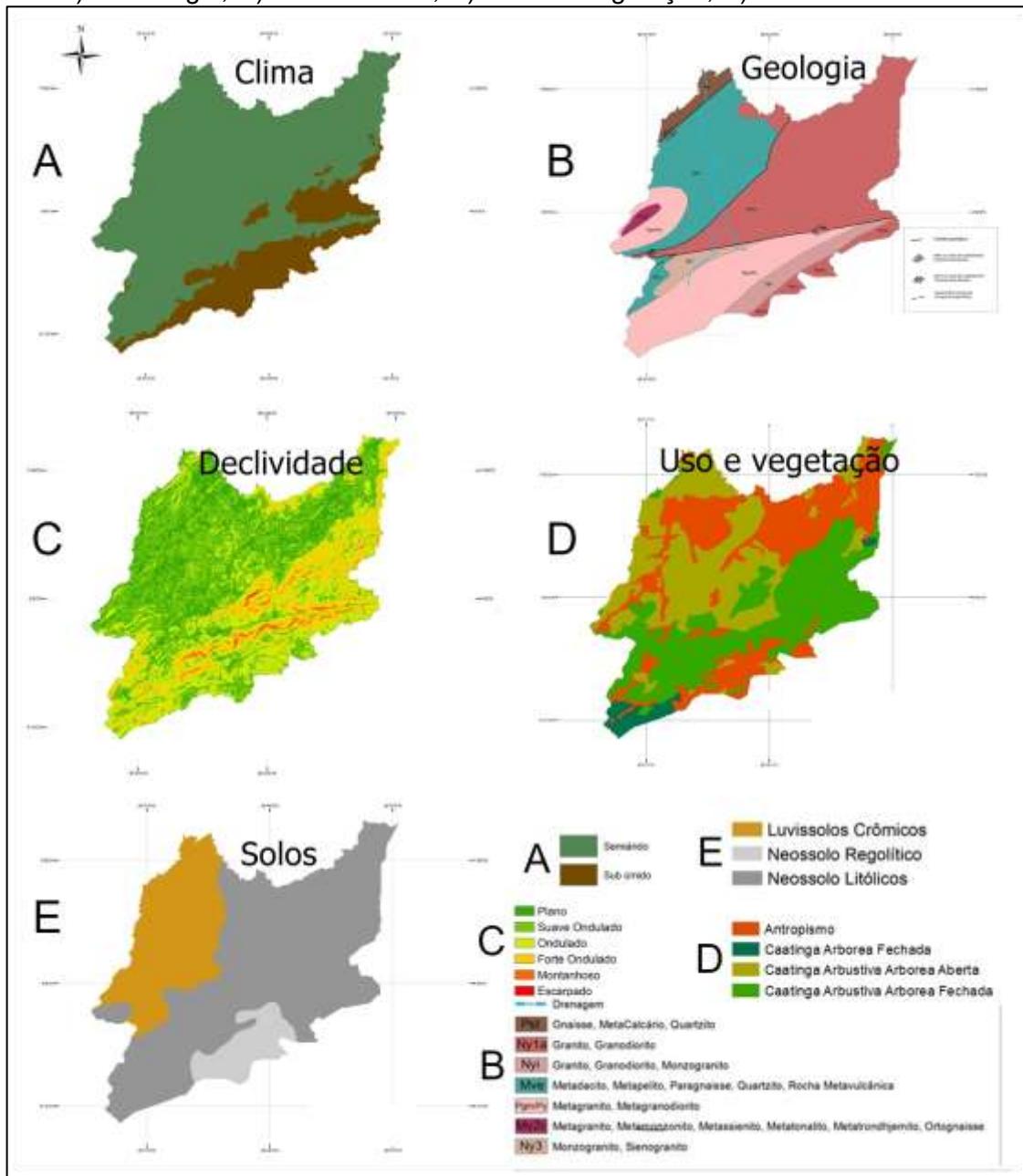
Para o cálculo de fragilidade, é necessário transformar os arquivos que estão em formato de polígono (*shapefile*) em *raster*, para isso, foi utilizado a ferramenta *conversion > polygon to raster* gerando uma nova coluna na tabela de atributos, de fragilidade como informação (Figura 2).

Por seginte, com o *raster* criado foi normatizado aos valores de fragilidade, executa-se o cálculo da fragilidade com a ferramenta *raster calculator* no ArcToolBox, somando todos os elementos transformados em *raster* (geologia, uso e cobertura pedologia, clima e declividade) e dividindo-os por 5, o número total de mapas. O resultado obtido é o mapa de fragilidade geral.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os resultados, os produtos cartográficos apresentam um panorama temático de cada fator ambiental considerado. Essas variáveis foram analisadas de modo integrado e interrelacionado, tendo como base o potencial que cada fator tem para influenciar a funcionalidade de outro fator em maior ou menor grau hierárquico (Ver Figura 3), ou seja, o exame dessas variáveis auxiliou na parametrização das características ambientais.

Figura 3 - Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do riacho Jucurutu. A) – Clima; B) – Geologia; C) – Declividade; D) – Uso e vegetação; E) – Classes de solos



Org.: Elaborado pelos autores,

A altimetria da bacia hidrográfica apresenta-se como forte controlador da diferença climática (Figura 3A), onde as áreas acima de 900 metros de altitude apresentam clima subúmido e aquelas abaixo de 900 metros clima semiárido na porção sul da bacia; seguindo o que acontece em outros enclaves subúmidos (brejos de altitude) do nordeste seco (SOUZA; ALMEIDA; CORREA, 2015).

A diferença de um para o outro reside nas diferentes temperaturas e valores relacionados a precipitação, pois o clima referenciado como subúmido apresenta

maiores taxas de precipitação, e temperaturas mais amenas que as identificadas nas áreas mais baixas do terreno no clima semiárido. O clima semiárido se caracteriza pelos longos períodos de estiagem e poucos meses de chuvas, além de apresentar estas chuvas de forma intensa e concentradas.

A fragilidade do clima da área foi atribuída a partir da distribuição de chuvas. O clima sub-úmido apresenta períodos de estio marcados entre 3 e 6 meses, com chuvas concentradas de novembro a abril. As chuvas do período de inverno são muito intensas e chegam a atingir 80% das chuvas anuais, o que provoca fortes enchentes e ocasiona fortes processos erosivos, por isso atribuímos nível 4 de fragilidade.

O clima semiárido possui outra vulnerabilidade, a extrema irregularidade de chuvas, além da baixa nebulosidade, são duas situações extremas que provocam desde uma seca intensa, que controlam o comportamento caducifólio da vegetação, além de diminuir consideravelmente a cobertura herbácea. Tal situação, agrava a possibilidade de enxurradas podendo provocar altos índices de erosão superficial, desse modo foi atribuído valor de fragilidade 5, por ser um clima que possui maiores valores de evapotranspiração e muita irregularidade de chuvas.

Dentro do contexto geológico da área (Figura 3B), avaliou-se a resistência das rochas a desagregação, sendo analisados os minerais componentes e seus arranjos para cada unidade. A área apresenta características de falha transcorrentes, um cisalhamento tanto de ordem dextral quanto de ordem sinistral, respectivamente na porção sul e norte da bacia. A área da bacia apresenta litologias majoritariamente formadas por granito e gnaisse. Algumas rochas são compostas de feldspatóide como Monzogranito e Sienito, e por isso são mais frágeis do que os outros granitoides indiscriminados que possuem quartzo em sua composição majoritária como metagranito, granodiorito. O que ressalta a importância do reconhecimento aproximado das litologias na área para o estabelecimento do nível da fragilidade.

Ao analisar o mapa de uso e cobertura do solo (Figura 3D), é perceptível atividades antrópicas (cultivo de culturas regionais, pasto, e retirada de madeira) em associação a áreas de caatinga arbustiva (aberta e fechada) e caatinga arbórea fechada. O que dá indicativos de potencial pressão dessas atividades sobre outras áreas com vegetação, além gerar aumentando a fragilidade do solo ao passo que fica mais desprotegido do que o estado anterior de caatinga aberta.

As espécies vegetais que estão nessas áreas de antropismo apresentam poucas espécies arbóreas, incluindo espécies exóticas (SOUZA, 2008). Assim, compreender-se que as áreas de Antropismo possuem alto nível de fragilidade, correspondendo muitas vezes a áreas em processos de degradação e que chegaram a esse ponto a partir de intensas e desreguladas atividades humanas inadequadas, em áreas com condições ambientais que não apresentam suporte para essas atividades, e que careciam de planos de manejo antes mesmo de que houvesse uma real utilização daquela área.

A caatinga arbustiva arbórea aberta, possui os dois tipos de composição, tanto a arbórea quanto a arbustiva, no entanto a presença mais marcante é a de estratigrafia arbustiva, que é marcante de um solo pouco profundo, relativamente degradado por apresentar atividades antrópicas como pasto, e retirada de espécies arbóreas (SOUZA, 2008).

A caatinga arbustiva arbórea fechada apresenta mais densidade das espécies, que são os mesmos presentes no estrato aberto, mas que, no entanto, estão em maior quantidade. Por questões de volume pluviométrico, estão presentes na porção sul e sudeste da área, de clima sub úmido e altitudes mais elevadas. A pouca utilização do solo, que o designa caráter arbustivo arbóreo fechado, pois os solos que a área comprehende, são de fragilidade mediana, e dependendo da forma na qual é utilizado pode ser degradado com facilidade. Quanto à caatinga arbórea fechada, essa é formada majoritariamente estrato arbóreo em densidade elevada, localizada em maior proporção na porção sudeste da bacia.

Os usos e a cobertura vegetal de áreas encontram nas classes de solo (Figura 3E) forte relacionamento, seja associado aos processos erosivos, como também à aptidão de áreas a determinados tipos de atividades antrópicas.

Assim, analisando as classes de solo, suas distribuições e características, foram atribuídos os valores de fragilidade (Quadro 4 e Figura 3E). Ao luvi solo crômico foi atribuído o valor 3, por ser um solo que consegue se desenvolver melhor que os neossolos presente na região, absorver mais água e consegue drená-la melhor, no entanto é um solo que ainda possui certo grau de fragilidade. Ao neossolo litólico foi atribuído valor 5 por apresentar excesso de pedregosidade e raso. Tornando o solo menos protegido que o luvi solo crômico e agravando sua fragilidade pela má drenagem e por ser um solo extremamente friável, quando não há a utilização do solo

para cultivo ou pecuária é possível apontar cobertura vegetal relevante e é por isso que é interessante a aplicação do manejo correto para conservar essas áreas.

Quanto ao neossolo regolítico, foi aplicado o valor 4, apesar de ter características semelhantes ao neossolo litólico, apresenta-se mais desenvolvido e mais espesso, tendo maiores chances de ser cultivado em comparação ao solo litólico. Ainda assim, desfragmenta-se com facilidade ao ser alvo de distúrbio mecânico, o que o prejudica frente aos eventos de fluxo hortonianos comum em certas épocas do ano, nos períodos de chuva intensa. Tanto os Luvissolo quanto Neossolo estão suportados por rochas de litologia gnaisse e granito (Figura 3B e E), péssimos condutores de água e não fornecem boa drenagem.

Por fim, a análise de fragilidade leva em consideração as características geomorfológicas e topográficas das áreas, que no presente estudo optou-se pela análise da declividade das áreas (Figura 3C). A escolha pela declividade deu-se por ser um dos elementos controladores da velocidade do escoamento superficial, consequentemente do processo erosivo (SOUZA; ALMEIDA; CORREA, 2015). Dessa forma, a informação de declividade foi classificada como indicado pela EMBRAPA (2015).

De forma geral, a cidade de São João do Tigre está situada em área de relevo suave ondulado e ondulado em sua maioria, o que se refere a porção central da área. Na porção leste, a declividade da área possui fortes ondulações e áreas dissecadas, de declividade alta.

Com base na parametrização dos valores de fragilidade ambiental dos fatores considerados, foi possível realizar a álgebra de mapas para identificar o nível de fragilidade ambiental da bacia. De forma geral, o nível de fragilidade encontrado foi entre 3, 5 e 4 na maior parte da bacia. Este resultado aponta elementos naturais que comungam de um nível de fragilidade alto, e atuam a favor do aumento do nível dessa fragilidade.

A má drenagem e a pouca atividade no solo corroboram o pouco desenvolvimento e resistência da comunidade vegetal, que por sua vez, não possui um porte suficientemente denso para fornecer a proteção necessária ao solo, exposto a todas as intempéries e as reações adversas de chuvas concentradas e intensas nos poucos períodos chuvosos do ano.

É nesse ponto que a ação antrópica atua como elemento chave, o impacto antrópico gerado pelo desmatamento de áreas e exploração do solo transformou a paisagem semiárida, mantendo a condição degradada da paisagem em estágio avançado.

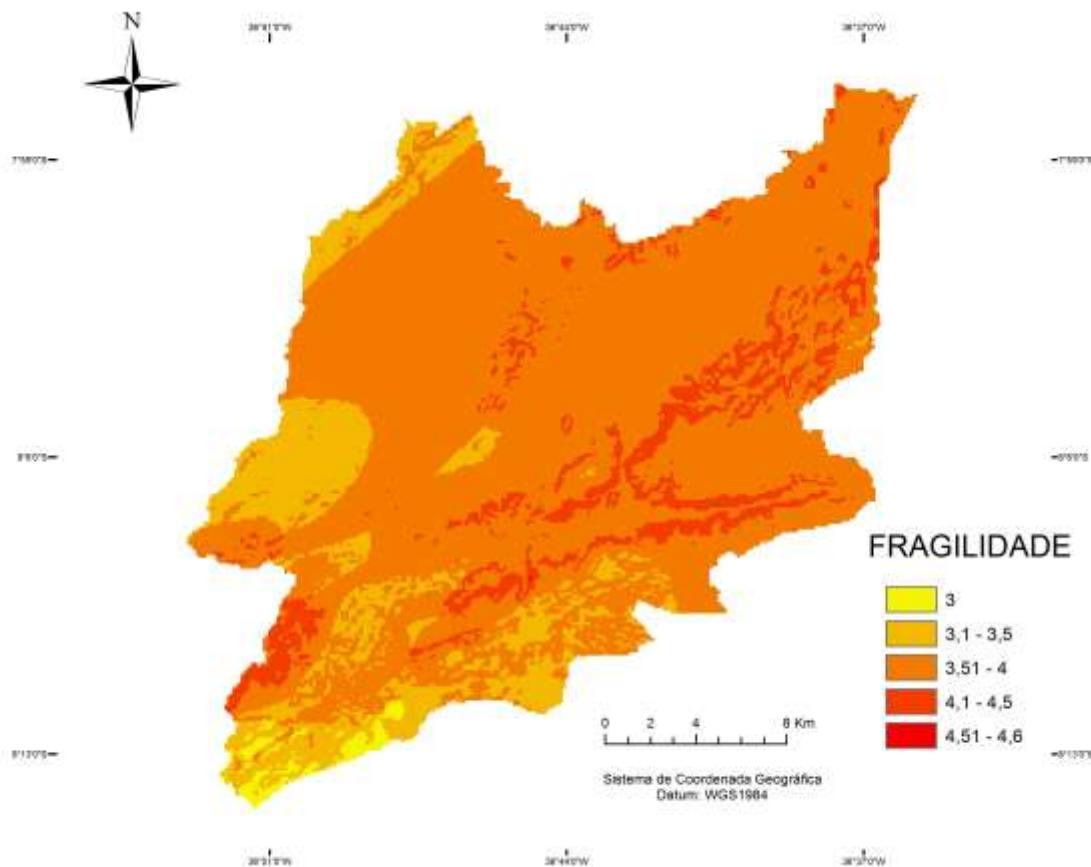
Historicamente, a caatinga sofreu ciclos de cultivos intensamente degradantes (VIEIRA, 2003) como a cotonicultura, que até a década de 80 foi intensiva, além da demanda energética de lenha a partir dessa mesma década até o período dos anos 90, a pecuária caprina também esteve atreladas aos impactos antrópicos intensivos devido aos cortes da vegetação e queimadas para o nascimento de novo pasto nas quadras chuvosas, o comportamento alimentício dos caprinos (SOUZA, 2008).

Partindo para análise do mapa de fragilidade ambiental, que sumarizou os valores de fragilidade dos fatores ambientais da bacia hidrográfica (Figura), de forma geral, o nível de fragilidade encontrado foi entre 3,5 e 4 na maior parte da bacia. Este resultado aponta elementos naturais que proporcionam um nível de fragilidade alto, e atuam a favor do aumento do nível dessa fragilidade.

As áreas que foram estabelecidas com médias mais baixas, possuem a presença da caatinga arbórea fechada, uma comunidade vegetal mais densa que apresenta poucas manchas de Antropismo, além de ser continuada da parte inferior da área da bacia até a parte superior por caatinga arbustiva arbórea fechada, também com poucas manchas de atividade antrópica.

Nessas áreas, mesmo com a presença de relevo de altitude, as médias de fragilidade se apresentaram baixas justamente pela questão da cobertura vegetal, que funciona como elemento protetor para o agente passivo de erosão declividade.

Além do uso e cobertura da vegetação, fatores climáticos e a dinâmica das chuvas desempenham um papel crucial nos índices de fragilidade da área de estudo. Os níveis de fragilidade ambiental são especialmente pronunciados na porção oriental da bacia, devido à intensidade das chuvas nas altitudes mais elevadas. Nesses locais, o relevo é mais íngreme e desgastado, resultando em uma maior fragilidade devido à combinação desses fatores. Ainda assim, essa afirmação demanda uma compreensão mais abrangente e integrada dessas localidades (SPÖRL; ROSS, 2004), visto que também a vegetação nessas áreas pode apresentar graus de preservação variados. Em contraposição, na região mais baixa da bacia, a irregularidade e a escassez das chuvas contribuem para a degradação dos solos e a baixa resiliência da vegetação local.

Figura 4 - Fragilidade ambiental calculada

Org.: Elaborado pelos autores.

Os resultados encontram relação com outros trabalhos que também exploraram a fragilidade ambiental no contexto semiárido. Trabalhos como os de Batista e Silva (2013), Ramalho (2013), França et al. (2017), Silva e Souza (2017), Sales e Nascimento (2019), Santos et al. (2021), trazem considerações importantes quanto aos efeitos potenciais que determinadas áreas apresentam.

Em que se destacam os diferentes ambientes em um mesmo recorte espacial, como considerado por Ramalho (2013), considerando fatores como geologia, relevo e solo, gerando diferenças na vegetação (ex. densidade e porte). Que também foi constatado no trabalho, à medida que as atividades antrópicas também variam de acordo com esses fatores. Outrossim, foi a presença de vegetação mais preservada acompanhando as áreas mais elevadas e íngremes (também potencialmente mais frágeis), devido a restrições às atividades antrópicas.

Batista e Silva (2013) analisando a fragilidade ambiental em bacia hidrográfica semiárida, também reconheceram que áreas com baixa fragilidade potencial tornavam-

se altas em fragilidade emerge por estarem associadas a atividades antrópicas. Áreas com níveis altos de fragilidade potencial variaram nos valores de fragilidade emergente considerando os usos antrópicos e as restrições de uso (ex. áreas íngremes associadas a relevos residuais).

A fragilidade ambiental na APA das Onças também foi objeto de análise no trabalho de Silva e Souza (2017). Como já mencionado, essa unidade de conservação de uso sustentável ocupa toda porção sul do município de São João do Tigre. Os referidos autores detectaram níveis de fragilidade média e alta associadas às atividades antrópicas mediante uso da terra, alertando para a necessidade coordenada de monitoramento gestão.

A aplicação das técnicas de fragilidade ganham potencial de aplicação quando associada a avaliação de políticas públicas de gestão socioambiental, em que se destaca o Cadastro Ambiental Rural – CAR, criado pelo Novo Código Florestal (BRASIL, 2012). Esse cadastro concatena áreas de usos e regimes legais diversos, no contexto de um imóvel rural, a exemplo de áreas de Uso Consolidado e Áreas de Preservação Permanente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo revelou altos níveis de fragilidade devido ao uso atual do solo, com a cobertura vegetal sendo um fator crucial para a conservação da área, influenciando positivamente a drenagem e reduzindo a erosão. O antropismo representado pela pecuária semiextensiva de caprinos também contribui para a degradação do solo.

Ao mesmo tempo, o presente artigo demonstra a complexidade na parametrização de diferentes contextos ambientais, em especial em localizadas de geologia complexa. Ressaltando que as características bio-climáticas naturais apontam para níveis de fragilidade médio e alto, a análise detalhada dos fatores geológicos podem auxiliar na identificação de áreas de maior fragilidade a degradação, incluindo a processos de desertificação.

Este estudo destaca a necessidade de políticas específicas para a região semiárida, que, apesar de suas condições ambientais únicas, sofreu historicamente devido a práticas inadequadas de manejo, levando a uma degradação significativa que afeta a saúde dos solos e a sustentabilidade ambiental da região.

REFERÊNCIAS

ACCIOLY, A. C. de A. (ed.). Geologia e Recursos Minerais da Folha Pesqueira SC.24-X-B-III. Escala 1:100.000. Estados de Pernambuco e Paraíba. 1. ed. Recife: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2015.

AESA, A. E. de G. das Á. do E. da P. SIG-Plano (AESA). Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/sig-plano/page3.html>>. Acesso em: 22 abr. 2024.

BATISTA, J. P. G.; SILVA, F. M. da. AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NA MICROBACIA DO RIACHO CAJAZEIRAS NO SEMIÁRIDO POTIGUAR - DOI 10.5216/bgg.v33i1.23632. Boletim Goiano de Geografia, v. 33, n. 1, p. 53–72, 10 abr. 2013.

BRASIL. 12.651. Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012 (Novo Código Florestal). . 25 maio 2012.

CORRÊA, A. C. de B. et al. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. Revista do Instituto Geológico, v. 31, n. 1–2, p. 35–52, 2010.

CORRÊA, A. C. de B. ANTROPOGÊNESE E MORFOGÊNESE SOB A AÇÃO DE EVENTOS CLIMÁTICOS DE ALTA MAGNITUDE NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO: O CASO DA BACIA DO RIACHO SALGADO. Revista Brasileira de Geomorfologia, 30 jan. 2012. Disponível em: <<https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/256>>. Acesso em: 9 fev. 2023.

DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. D. P.; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 10, n. 1, p. 175–181, mar. 2006.

FERREIRA LEITE, L. C. O.; CORTINES, E. ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO CANTAGALO, TRÊS RIOS, RJ - BRASIL. GEOFRONTER, v. 10, p. e8317, 8 fev. 2024.

FRANÇA, L. C. J.; PIUZANA, D.; ROSS, J. L. S. Fragilidade ambiental potencial e emergente em núcleo de desertificação no semiárido brasileiro (Gilbués, Piauí). Revista ESPACIOS, v. 38, n. 31, p. 17, 2017.

GONÇALVES, G. G. G. et al. DETERMINAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DE BACIAS HIDROGRÁFICAS. FLORESTA, v. 41, n. 4, 19 dez. 2011. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/25344>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

IBGE. Manual Técnico de Pedologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2015.

MASTRONARDI, L.; CAVALLO, A.; ROMAGNOLI, L. A Novel Composite Environmental Fragility Index to Analyse Italian Ecoregions' Vulnerability. Land Use Policy, v. 122, p. 106352, nov. 2022.

MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C.; ROSS, J. L. S. Fragilidade Ambiental: uma Proposta de Aplicação de Geomorphons para a Variável Relevo. Geography Department University of São Paulo, v. 37, p. 123–136, 3 jul. 2019.

RAMALHO, M. F. de J. L. A FRAGILIDADE AMBIENTAL DO NORDESTE BRASILEIRO: O CLIMA SEMIÁRIDO E AS IMPREVISÕES DAS GRANDES ESTIAGENS. *Sociedade e Território*, v. 25, n. 2, p. 104–115, 29 jul. 2013.

ROSS, J. L. S. *Geomorfologia , ambiente e planejamento*. São Paulo: Contexto, 1990.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. *Revista do Departamento de Geografia (USP)*, v. v.8, p. 63–74, 1994.

SALES, L. B.; NASCIMENTO, F. R. GEOMORFOLOGIA E FRAGILIDADE AMBIENTAL NA CLASSIFICAÇÃO DE PAISAGENS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS. *REVISTA EQUADOR*, v. 9, n. 1, p. 246–265, 18 dez. 2019.

SANTOS, S. A. dos et al. Fragilidade ambiental dos solos no semiárido do Estado de Pernambuco: problemática a luz da erosão e da salinização. Em: XIV Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, Online. Anais... Em: XIV ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA. Online: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia (ANPEGE), 15/out 2021.

SANTOS, J. D. O. EXISTING RELATIONS BETWEEN ENVIRONMENTAL FRAGILITY AND SOCIAL VULNERABILITY IN SUSCEPTIBILITY TO RISK. *Mercator*, v. 14, n. 02, p. 75–90, 20 jul. 2015.

SILVA, L. F. da; SOUZA, B. I. de. Fragilidade ambiental na APA das Onças, município de São João do Tigre-PB no Semiárido Brasileiro. *Revista Continentes (UFRRJ)*, v. 9, n. 2017, p. 29, 2017.

SOUZA, B. I. de. Cariri Paraibano: Do silencio do lugar à desertificação. 2008. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2008.

SOUZA, J. O. P. de; ALMEIDA, J. D. M. Processos fluviais em terras secas: uma revisão. *Revista OKARA: Geografia em debate*, v. 9, n. 1, p. 108–122, 2015.

SOUZA, J. O. P.; ALMEIDA, J. D. M.; CORREA, A. C. B. Caracterização e espacialização da precipitação em bacia hidrográfica com relevo complexo: sertão central pernambucano – bacia do riacho do saco. *Revista de Geografia. Revista de Geografia (UFPE)*, v. 32, n. 2, p. 106–126, 2015.

SOUZA, J. O. P.; CORRÊA, A. C. de B. Escoamento superficial e balanço hídrico em ambientes secos com topografia complexa - bacia do Riacho do Saco - Pernambuco. *GEOgraphia*, v. 21, n. 46, p. 106–119, maio/ago 2019.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, n. 15, p. 39–46, 2004.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. Em: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamente Remoto, Goiânia-GO. Anais... Em: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTE REMOTO. Goiânia-GO: 2005.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. de F.; ALBUQUERQUE, P. C. G. Topodata: desenvolvimento da primeira versão do banco de dados geomorfométricos locais e cobertura nacional. Em: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal - RN. Anais... Em: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Natal - RN: INPE, 2009.

VASHCHENKO, Y.; FAVARETTO, N.; BONDI, D. FRAGILIDADE AMBIENTAL NOS PICOS CAMACUÃ, CAMAPUÃ E TUCUM, CAMPINA GRANDE DO SUL, PR. FLORESTA, v. 37, n. 2, 21 ago. 2007. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/8650>>. Acesso em: 29 abr. 2024.

VIEIRA, V. Desafios da Gestão Integrada de Recursos Hídricos no Semi-árido. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 8, n. 2, p. 7–17, 1 jun. 2003.