

ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM: SUBSÍDIOS PARA O ZONEAMENTO AMBIENTAL EM CANUDOS-BA

Nerivaldo Afonso Santos

Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, Bahia, Brasil
nerivaldo.geo@gmail.com

Israel de Oliveira Junior

Secretaria de Educação do Estado da Bahia, Feira de Santana, Bahia, Brasil
iojjunior@gmail.com

Elane Fiúza Borges

Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, Bahia, Brasil
elaneborges@gmail.com

Resumo

O zoneamento ambiental é uma estratégia da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), que promoveu a ampliação das discussões geográficas sobre o ambiente na perspectiva ecológica. Possibilita contribuir com respostas frente às questões de ordem científica que emergem da busca de identificar os estados ambientais das terras secas. Por isso, neste estudo, objetivou-se elaborar o zoneamento ambiental, através da abordagem integrada da paisagem, tendo como escala de análise o município de Canudos – Bahia. O município integra a Área Susceptível à Desertificação (ASD), onde há indícios de degradação e alta vulnerabilidade ao processo de desertificação. Os procedimentos metodológicos e análises basearam-se na perspectiva ecodinâmica e no emprego das geotecnologias. Realizou-se modelagens para a definição da fragilidade e zonas ambientais com a aplicação de álgebras de mapas por média ponderada. A fragilidade potencial forte e muito forte constituem 20,7% das terras, formadas por solos friáveis, como os Neossolos, e intercorrência de processos erosivos. Demarcou-se quatro zonas ambientais, e destacaram-se a de uso indireto, caracterizada pela alta conservação das feições vegetais da caatinga, e a zona de risco, em que os processos de deterioração ambiental são acentuados. Assim, verificou-se a importância do zoneamento para a constatação dos estados ambientais e configurar caminhos para o planejamento e a gestão ambiental.

Palavras-chave: Ecodinâmica. Fragilidade Ambiental; Geotecnologias; Modelo ambiental.

INTEGRATED LANDSCAPE ANALYSIS: SUBSIDIES FOR ENVIRONMENTAL ZONING IN CANUDOS-BA

Abstract

Environmental zoning is a strategy of the National Environmental Policy, which has promoted the expansion of geographical discussions from an ecological perspective and helps to answer scientific questions concerning the environmental status of dry lands. This study aimed to elaborate the environmental zoning based on an integrated approach of the landscape, having as scale of analysis the municipality of Canudos-BA. The study area integrates the Brazilian Desertification Susceptible Area (ASD) of Brazil, marked by signs of degradation and high vulnerability to the desertification process. The methodological procedures and analyzes were based on the ecodynamics perspective and the use of geotechnologies Modeling was carried out, with the application of map algebras by weighted average, to define the fragility levels and environmental zones. Strong and very strong potential fragility constitute 20.7% of the city land, with high chances of erosion, since they are made up of friable soils, as Neosoils. In Canudos, four environmental zones were defined, highlighting the

indirect use zone, demarcated by the high conservation of the caatinga plant features, and the risk zone, where the processes of environmental deterioration are accentuated. It was verified the importance of zoning for the verification of the environmental states, to configure ways for environmental planning and management.

Key words: Ecodynamics; Environmental fragility; Geotechnologies; Environmental model.

ANÁLISIS INTEGRADA DEL PAISAJE: CONTRIBUCIONES PARA EL ZONEAMIENTO AMBIENTAL EN CANUDOS-BA

Resumen

La zonificación ambiental es una estrategia de la Política Nacional del Medio Ambiente (PNMA), la cual promovió la expansión de las discusiones geográficas sobre el ambiente desde una perspectiva ecológica. Posibilita contribuir con respuestas aquellas cuestiones de carácter científico que surgen de la búsqueda por identificar los estados ambientales de las tierras áridas. Por eso, a través de este estudio, se propone elaborar una zonificación ambiental, desde un enfoque integrado del paisaje, teniendo como escala de análisis el municipio de Canudos-BA. El área de estudio es parte del Área Brasileña Susceptible a la Desertificación (ASD), caracterizada por indicios de degradación y alta vulnerabilidad al proceso de desertificación. Los procedimientos metodológicos y los análisis fueron basados en la perspectiva ecodinámica y el empleo de geotecnologías. Se realizó una modelación con la aplicación de álgebras de mapas por medias ponderadas, para definir los niveles de fragilidad y las zonas ambientales. La fragilidad potencial fuerte y muy fuerte constituye el 20.7% de la tierra municipal, en su mayoría formadas por suelos friables, como los Neosolos con procesos de erosión intercurrentes. Fueron definidas cuatro zonas ambientales, con énfasis en la zona de uso indirecto, marcada por la alta conservación de la fitofisionomía de la caatinga y la zona de riesgo, donde se acentúan los procesos de deterioro ambiental. Por lo tanto, se verificó la importancia de la zonificación para la verificación de los estados ambientales, así como para configurar caminos para la planificación y la gestión ambiental.

Palabras clave: Ecodinámica; Fragilidad ambiental; Geotecnologías; Modelo ambiental.

Introdução

Na atual conjuntura do sistema socioeconômico, a utilização das riquezas ambientais materializa as mais variadas formas de deterioração e de degradação, sendo cada vez mais necessárias pesquisas voltadas à discussão da apropriação, exploração, conservação dos recursos e da interação sociedade-natureza (HARE et al., 1992; MENDONÇA, 2002; PORTO-GONÇALVES, 2011; MENDONÇA, 2012; LEFF, 2016). A Geografia desenvolve abordagens pautadas em um planejamento ambiental nos aspectos socioeconômico, físicos e biológicos, para considerar a paisagem de forma integrada (ROSS, 2006).

Os estudos ambientais, em uma perspectiva espacial, são permeados por uma visão geoecológica da paisagem, a partir da qual se entende que diversos elementos se estruturam para formar um todo complexo (TRICART, 1977; BERTRAND, 1971; TROLL, 1997;

RODRIGUEZ; SILVA, 2007). Nisso, considera-se que a dimensão espacial, a localização da área e a conceituação do problema influem na seleção dos métodos de procedimento, dos dados, da escala cartográfica da pesquisa e, portanto, dos resultados a serem avaliados (MONTEIRO, 2000).

A cartografia da paisagem é um elo entre o processo investigado e a análise dos resultados, para produzir conhecimentos geográficos. Deve-se atender a uma série de critérios, para se aproximar da realidade a ser representada. Na perspectiva da análise integrada da paisagem, é preciso obedecer a hierarquia dos sistemas de acordo com o problema investigado, área de estudo (BERTRAND, 1971; CHRISTOFOLETTI, 1999) e, ao mesmo tempo, possuir um rigor técnico, que relaciona teorias, procedimentos metodológicos, padronização cartográfica e levantamentos de dados. Tudo isso pode convergir para gerar dados confiáveis, propícios à elaboração de planejamentos ambientais e territoriais.

O zoneamento ambiental é um elemento importante para a consecução de planos de uso e ocupação das terras (LIMA; CESTARO, 2010). No Brasil, o zoneamento ambiental inclui-se nas políticas públicas institucionalizadas, com o propósito de prover a gestão ambiental no paradigma do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 1981). O ponto de vista parte de um ideal economicista, mas com a possibilidade de o aliar a uma discussão geográfica para estabelecer conhecimentos espaciais. A partir dele, a compreensão da estrutura da paisagem é evidenciada, na busca de identificar porções homogêneas ambientais, para discutir temas como preservação (ROSS, 1990; 1992), fragilidade (ROSS, 1994; SPÖRL; ROSS, 2004; ANTUNES; ROSS, 2008; MASSA; ROSS, 2012; FRANÇA et al., 2017), desenvolvimento (ROSS, 2006) e degradação ambiental (CRISPIM et al., 2014; SANTOS, 2015; ALVES et al., 2016).

Os conhecimentos espaciais promovidos nas pesquisas sobre zoneamento ambiental elevam a importância da análise integrada da paisagem para a Geografia. Ademais, é um meio de encaminhar debates em torno do crescimento econômico e preservação ambiental diante da racionalidade econômica ocidental (LEFF, 2007, 2008, 2016). A aplicação do zoneamento ambiental contribui para o rompimento de posições teóricas e metodológicas polarizadas, ao propiciar a elaboração de planos e planejamentos pela associação do crescimento econômico e conservação ambiental, atrelados à aplicação de

teorias, conceitos e métodos arraigados na evolução da Geografia e no diálogo com as ciências afins.

Nisso, percebe-se que é um instrumento que supera visões puramente economicistas, para ponderar as formas de uso perante às condições ambientais. O conhecimento geográfico associa as dimensões das teorias e métodos de abordagens ao nível da aplicabilidade, ao gerar conceitos, dados e análises sobre a estrutura da paisagem, que propõem a consecução de políticas ambientais. Há uma importância, dessa forma, pois considera diferentes elementos e processos relacionados às problemáticas de investigação, área de estudo (CHRISTOFOLETTI, 1999) e projetos políticos.

Diante do zoneamento ambiental, como um dado crucial a ser definido, a escala de análise permanece como um tema discutível, pois ainda não foram traçadas metodologias unificadas, que promovam a padronização da escala, dado e representação (SOUZA, 2000). Diversas escalas podem ser tomadas como unidade espacial de análise, como a de município. Em função das características ambientais e localização da área, Canudos-BA constitui um espaço primordial para suscitar a pesquisa em torno da abordagem integrada da paisagem. Ele compõe a Área Susceptível à Desertificação (ASD), onde já foram estabelecidos níveis acentuados de vulnerabilidade ambiental à degradação (AB'SABER, 1969; LOBÃO; VALE, 2013; LOBÃO; SILVA, 2013; PEREIRA et al., 2020). O município encontra-se entre as áreas com climas de menores índices pluviométricos anuais e com ampla possibilidade de ocorrência do fenômeno da seca do estado da Bahia e do trópico semiárido, conforme os dados disponibilizados pela Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI, 1999). Com isso, no âmbito da área de estudo, pode-se aliar a cartografia, os conhecimentos geográficos e as características ambientais para enriquecer os debates sobre planejamento ambiental específicos para as terras secas.

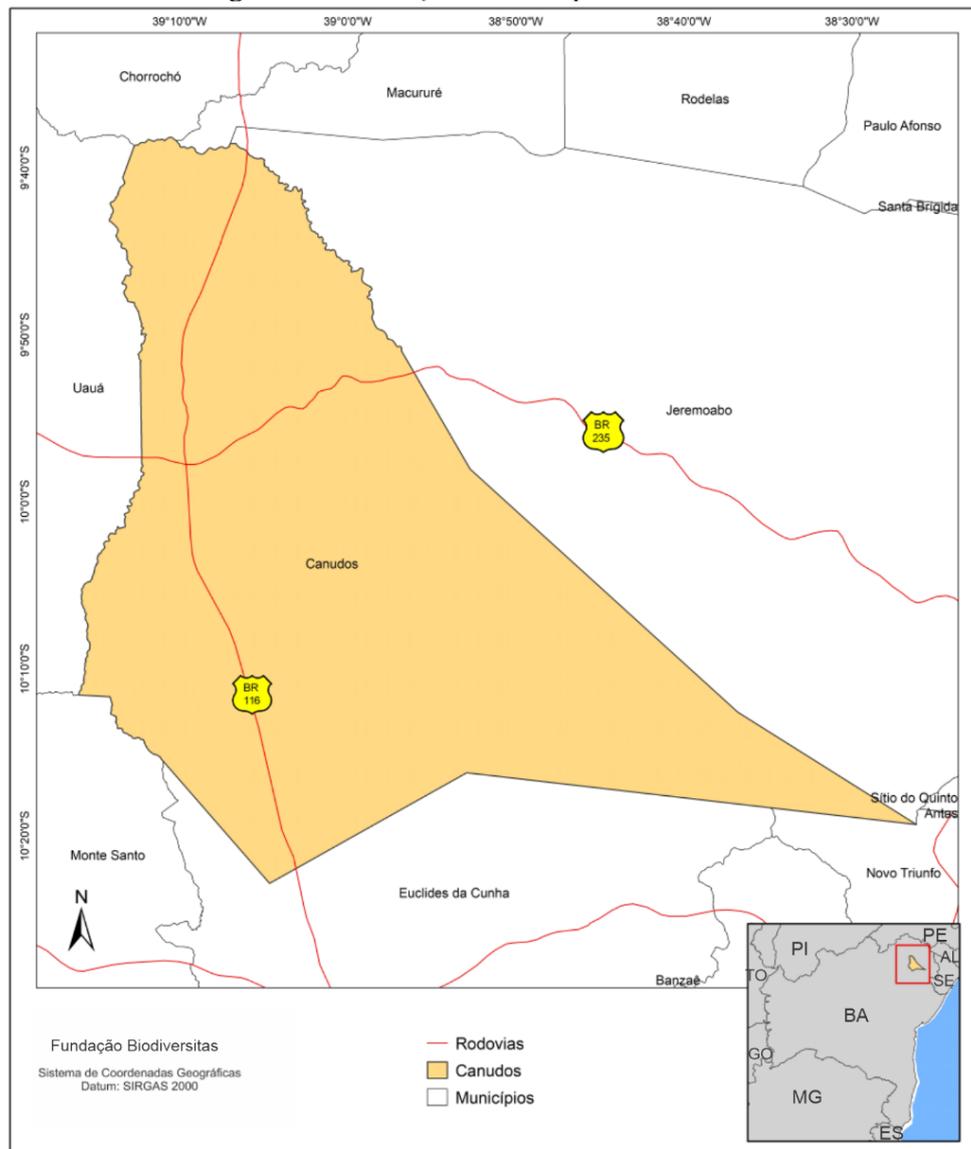
Por meio desta pesquisa, objetiva-se elaborar uma proposta de zoneamento ambiental, através de uma perspectiva integrada da paisagem, para discutir sobre fragilidade da paisagem das terras secas e contribuir com os estudos vinculados ao planejamento e gestão ambiental. São temas pertinentes à Geografia, por serem compreendidos através de uma linguagem espacial, que, por sua vez, podem auxiliar no desenvolvimento teórico e metodológico geográfico, no contexto da aplicabilidade e popularização do conhecimento.

Características ambientais em Canudos-BA: considerações para o zoneamento ambiental

O município de Canudos situa-se no norte do estado da Bahia (Figura 01) e é dominado pelo clima tropical semiárido, com temperatura média anual acima dos 24°C, forte evaporação, baixa e irregular pluviosidade, em torno de 378,9mm anuais (SEI, 1999). Em função das variabilidades pluviométricas, os rios são caracterizados pela intermitência das vazões. O rio Vaza-Barris é represado e forma o açude de Cocorobó, de importância para o abastecimento local e atividades agropecuárias irrigadas.

A geomorfologia insere-se em duas unidades morfoestruturais: i) bacia sedimentar Recôncavo-Tucano, constituída por formas de dissecação e aplanamentos embutidos e tabuleiros; ii) depressão periférica e interplanáltica, formada por pedimentos funcionais ou retocados (SIG-BA, 2003). As altitudes variam entre 321m e 766m; as superiores constituem os relevos residuais dispersos pela depressão e os topos aplainados dos tabuleiros, com bordas escarpadas e forte incidência de dissecação dos arenitos.

Figura 01. Localização do município de Canudos-BA



Fonte: Autores (2021)

A conjugação de características ambientais, como as climáticas, contribui para a distribuição de solos rasos e com superfícies arenosas e/ou pedregosas. Predominam os Neossolos litólicos, Neossolos quartzarênicos e Cambissolos háplicos. Eles são comumente utilizados nas práticas agropecuárias, as quais influenciam nos processos de desmatamento e exposição dos solos às intempéries. Encontram-se, também, os Argissolos, Cambissolos, Luvisolos, Planossolos e Vertissolos, utilizados, principalmente, para o cultivo agrícola de ciclos temporários.

O município insere-se no domínio morfoclimático das caatingas, constituído por uma diversidade de feições vegetais, como a caatinga arbórea e arbustiva, caatinga parque e campo rupestre. A vegetação é demarcada pela caducidade das espécies. As propriedades climáticas influenciam diretamente na recomposição vegetal e também na continuidade das práticas agrícolas (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2020). Em anos de seca, decorre um baixo recobrimento vegetal dos solos e uma descontinuidade das atividades agropecuárias.

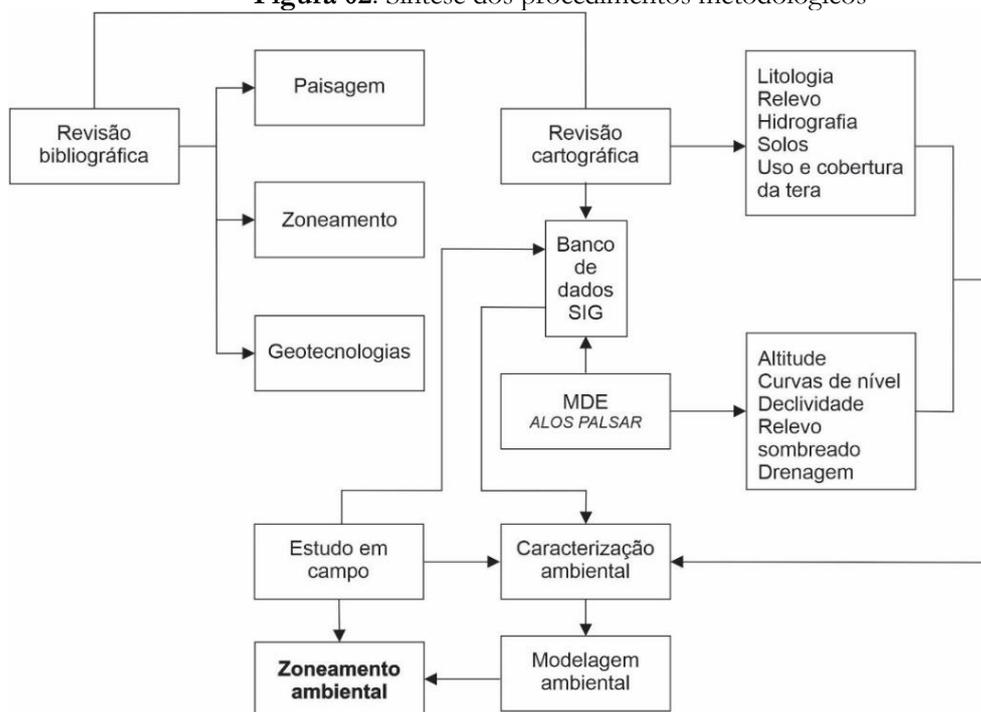
Geoprocessamento e estudos ambientais: os procedimentos metodológicos aplicados na pesquisa

Os procedimentos metodológicos relacionados ao zoneamento ambiental diferem na riqueza de dados, no processo de mapeamento, nas concepções de zonas, em função das escolas de pensamento científico das quais se originam teorias e metodologias. Os resultados tendem a ser diferentes por contemplar objetivos diversos, como os associados ao planejamento ambiental. No contexto geográfico, a abordagem integrada da paisagem subsidia a seleção do método de procedimento pela inter-relação de elementos da paisagem, que configuram processos e dinâmica ambiental apoiados na hierarquia dos sistemas (BERTRAND, 1971; TRICART, 1977; ROSS, 1994; BECKER; EGLER, 1997; CÂMARA; DAVIS JR, 2001; ROSS, 2006; MEIRELLES et al., 2007; RODRIGUEZ; SILVA, 2007; CREPANI et al., 2008; MASSA; ROSS, 2012).

A revisão teórica e conceitual sobre categorias e temas em um contexto geográfico é um caminho trilhado para selecionar obras e abordagens para a obtenção e interpretação dos dados e informações necessárias ao zoneamento (Figura 02). Por isso, optou-se em fundamentar as análises em referenciais que buscam promover um debate pautado em uma Geografia Analítica, através da interpretação de formas e processos paisagísticos subsidiados em dados quantitativos.

Com isso, promoveu-se a união entre as concepções de paisagem e os procedimentos metodológicos por meio do emprego do geoprocessamento, com a finalidade de espacialização dos dados e análise da dinâmica e de fenômenos ambientais. A seleção dos planos de informações georreferenciados do município de Canudos-BA tiveram o propósito de construir um banco de dados em um sistema de informação geográfica (SIG). Realizou-se o levantamento e seleção dos dados temáticos no formato vetorial, como sintetiza o Quadro 01.

Figura 02. Síntese dos procedimentos metodológicos



Fonte: Autores (2021)

Quadro 01. Dados cartográficos utilizados na pesquisa

Plano de informação	Escala	Fonte
Limite municipal	1:100.000	IBGE (2017)
Estação ecológica	1:100.000	Fundação Biodiversitas (2016)
Unidades geológicas	1:1.000.000	SIG-BA (2003)
Unidades geomorfológicas	1:1.000.000	SIG-BA (2003)
Solos	1:1.000.000	SIG-BA (2003)
Uso e cobertura da terra	1:100.000	Oliveira Junior et al. (2020)

Fonte: Autores (2021)

Por meio da utilização do modelo digital de elevação (MDE), derivado do sensor ALOS PALSAR, extraiu-se dados primários, como altitude, declividade do relevo e rede de drenagem (Figura 02). As fontes secundárias corresponderam aos formatos vetoriais referentes à litologia, unidades geomorfológicas, tipologias de solo (IBGE, 2015) e uso e cobertura da terra (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2020). Os arquivos do tipo vetor foram convertidos para *raster* para possibilitar a configuração de cenários ambientais por meio de modelagens.

A elaboração do zoneamento perpassou por duas fases correspondentes à fragilidade potencial e à fragilidade emergente, das quais obtém-se as zonas (ROSS, 1994). Para o mapeamento de ambas, realizou-se a álgebra de mapas por média ponderada. Por meio da

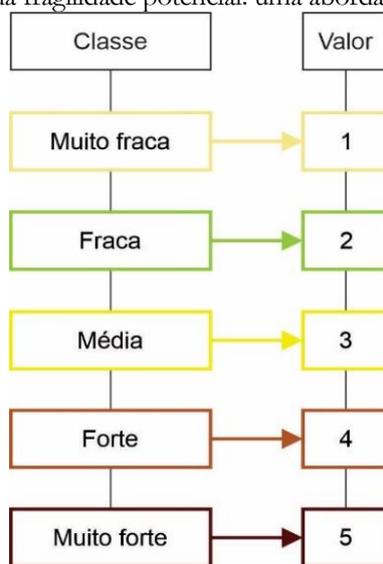
parametrização de todos os elementos, aplicou-se a equação 1 com o objetivo de identificar o nível de fragilidade potencial da área de estudo.

(Equação 01)

$$\text{Fragilidade potencial} = (L + D + R + S) / 4$$

Em que a fragilidade potencial corresponde à soma das classes de cada plano de informação correspondente à litologia (L), declividade (D), relevo (R) e solo (S), dividida pelo valor 4, que equivale ao número total de variáveis utilizadas na integração dos dados. Como os valores conferidos às classes variam de 1 a 5, os índices de fragilidade potencial encontram-se, também, nesse intervalo, sendo que a aproximação do peso 1 é considerada mais estável e, do 5, mais frágil, conforme observável na Figura 03.

Figura 03. Classes da fragilidade potencial: uma abordagem em Canudos-BA



Fonte: Autores (2021)

Para tanto, integraram-se planos de informações oriundos dos aspectos físicos da paisagem, relacionados à litologia, declividade, unidades geomorfológicas e solos. O resultado desse procedimento foi utilizado para estabelecer a fragilidade emergente e advir o zoneamento pela associação com o mapa de uso e cobertura da terra por meio da álgebra de mapas (Figura 02). Para tanto, basearam-se nas concepções da ecodinâmica (TRICART, 1977), de vulnerabilidade ambiental (CREPANI et al., 2008) e da análise empírica da fragilidade ambiental (ROSS, 1994).

As informações resultantes do geoprocessamento foram aplicadas e verificadas através de levantamentos de dados em campo. Selecionaram-se os pontos a partir da utilização de imagem do sensor OLI do satélite Landsat-8, com o objetivo de realizar a caracterização paisagística e conferir a qualidade dos produtos. Para tanto, preencheram-se planilhas e obtiveram-se as coordenadas para integração em ambiente SIG.

Paisagem e zoneamento ambiental: a fragilidade potencial em Canudos-BA

A presente etapa da pesquisa inclui a compartimentação e a caracterização das zonas, fundamentando-se no estudo integrado da paisagem. Destarte, tratou de analisar as variáveis do modelo de fragilidade ambiental (ROSS, 1994) decorrentes do emprego do geoprocessamento. As delimitações das unidades espaciais, conforme a fragilidade ambiental potencial, expressam o equilíbrio dinâmico natural do município de Canudos sem considerar a influência das atividades antrópicas e da cobertura vegetal. Pauta-se em uma abordagem sobre os processos morfogenéticos para estabelecer a ecodinâmica da paisagem, seja ela em estado de estabilidade, instabilidade ou intermediário (TRICART, 1977). O mapeamento resultou da sobreposição ponderada dos planos de informação sobre declividade, unidades geomorfológicas, litologia e solos, cujos pesos atribuídos encontram-se sistematizados no quadro 02, estabelecidos a partir da importância deles diante dos processos morfogenéticos.

A identificação das características geológicas constitui um aspecto elementar no estudo da paisagem, pois a estrutura litológica condiciona o relevo, a rede de drenagem e os solos. Os contatos entre as unidades geológicas podem expressar contrastes paisagísticos, os quais consistem em um primeiro passo para compartimentar as paisagens. Assim, buscaram-se os conhecimentos relativos à evolução geológica do ambiente, à localização da unidade e à aquisição de informações referentes ao grau de coesão das rochas existentes, para definir valores conforme indica o quadro 02 (CREPANI et al., 2008).

Em relação à variável declividade, utilizaram-se os intervalos de classes propostos pela EMBRAPA (1979). Os menores valores são atribuídos à classe plana, que representa declividades entre 0% e 3%. Ao passo que ampliam os níveis de declive, aumentam as possibilidades de ocorrência de fenômenos morfogenéticos. Por isso, atribuiu-se a categoria muito forte para a classe montanhosa, expressa pelo valor 5.

Quadro 02. Critérios e pesos estabelecidos para elaborar a fragilidade potencial e o zoneamento ambiental em Canudos-BA

Plano de informação	Classe	Critério	Peso
Litologia	Arenito	Alta susceptibilidade à erosão	4
	Filito	Média susceptibilidade à erosão	3
	Gnaíse	Moderada susceptibilidade à erosão	2
	Granito	Baixa susceptibilidade à erosão	1
	Silito	Severa susceptibilidade à erosão	5
Relevo	Planícies fluviais	Severa susceptibilidade à erosão	5
	Topo	Baixa susceptibilidade à erosão	1
	Vertente retilínea	Moderada susceptibilidade à erosão	2
	Vertente côncava	Alta susceptibilidade à erosão	4
Declividade	0-3% (plana)	Baixa susceptibilidade à erosão	1
	4-7% (suave ondulada)	Moderada susceptibilidade à erosão	2
	8-10% (ondulada)	Média susceptibilidade à erosão	3
	11-20% (fortemente ondulada)	Alta susceptibilidade à erosão	4
	30-70% (montanhoso)	Severa susceptibilidade à erosão	5
Solo	Argissolos vermelho-amarelo eutrófico	Baixa susceptibilidade à erosão	1
	Cambissolos háplicos	Alta susceptibilidade à erosão	4
	Latossolos vermelho-amarelo distrófico	Baixa susceptibilidade à erosão	1
	Luvissolos crômicos	Alta susceptibilidade à erosão	4
	Neossolos litólicos	Severa susceptibilidade à erosão	5
	Neossolos quartzarênico	Severa susceptibilidade à erosão	5
	Planossolos	Média susceptibilidade à erosão	3
	Vertissolos	Moderada susceptibilidade à erosão	2

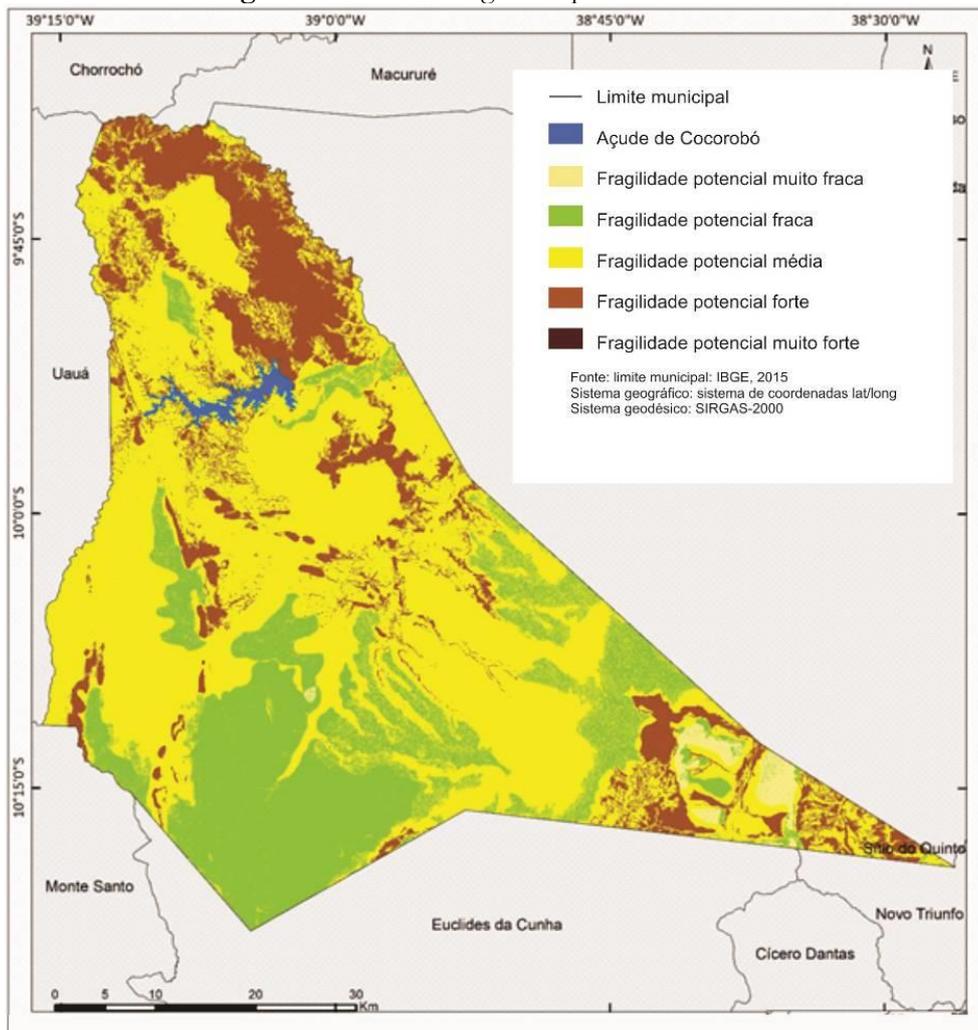
Fonte: Autores (2021)

O mapa de relevo, acompanhado com a análise da gênese das formas, é um dos produtos intermediários para a construção do mapa de fragilidade. Neste estudo, precisou-se adaptar a tipologia das unidades geomorfológicas oriunda do mapa original para as especificações orientadas por Ross (1990; 1992). Por exemplo, para a classe topo conferiu o valor 1 e, para as planícies fluviais, o valor 5; a explicação associou-se às características potenciais de a rede de drenagem causar erosão na área de estudo.

A definição dos pesos atribuídos aos solos considerou características de maturidade, porque possibilita compreender os fatores relacionados à agregação dos materiais que o compõem e, portanto, analisar os níveis de erodibilidade. Os Neossolos, tão comuns em Canudos, obtiveram valor 5; já os Latossolos 1, porque são resistentes aos processos erosivos.

No mapa resultante (Figura 04), a classe muito fraca correspondeu a 1,3% do território municipal, constituída, sobretudo, por altitudes superiores a 650m, declividades suave-onduladas inferiores a 7%, que formam os topos dos tabuleiros e onde desenvolvem os Latossolos.

Figura 04. Níveis de fragilidade potencial em Canudos-BA



Fonte: Autores (2021)

A classe de fragilidade potencial fraca abrangueu 25,5% da área de estudo, correspondente a 744,23km². São áreas com declividades entre 0% e 6% e altitudes inferiores a 500m, onde, em campo, observou-se a inexistência de formas erosivas, o que indica estados de conservação dos solos.

A classe de fragilidade potencial média é a mais extensa no município e se estende por uma área de 1.528,43km², equivalente a 52,5% da área de estudo (Figura 04). As declividades predominantes variam de 7% a 20%, que formam os relevos de colinas onduladas, com predomínio de vertentes convexas, correspondentes aos tabuleiros dissecados do Vaza-Barris. Nesses, dispersam-se os Neossolos litólicos, amplamente frágeis em virtude dos processos erosivos.

A fragilidade potencial forte e muito forte representam, em conjunto, 20,7% do território de Canudos e estão localizadas na porção sudeste do município (Figura 04). São áreas em que ocorrem acentuado processo de dissecação do relevo, com presença de solos friáveis, como os Neossolos quartzarênicos. Em campo, verificou-se a ocorrência de processos erosivos acentuados, que formam sulcos, ravinas e, em alguns pontos, voçorocas.

Os resultados de mapeamentos da fragilidade potencial coadunam com as especificações indicados por Ross (1994), quando, por exemplo, estabelece as características dos solos e declividades. As declividades acentuadas geram classes de fragilidade potencial forte e muito forte, o que foi verificado na associação das classes mapeadas (Figura 04) com os demais planos de informação. Resultados semelhantes foram encontrados por Donha et al. (2006), Gonçalves et al. (2011), Oliveira et al. (2012), Corte et al. (2015) e Abraão e Bacani (2018).

As áreas de níveis de fragilidade potencial acentuados devem possuir restrição de uso das terras, no tocante de não ampliar os processos de deterioração ambiental. A partir do zoneamento ambiental, poder-se-á destacar alguns condicionantes que expõem fatores de susceptibilidade e de planejamento ambiental.

Cenário de fragilidade ambiental emergente: o zoneamento ambiental em Canudos-BA

O município de Canudos é marcado por um histórico de uso pautado na exploração das riquezas naturais que remota ao período colonial, quando iniciou a ocupação dos sertões baseada na pecuária extensiva (NEVES; MIGUEL, 2007). Os impactos incidiram diretamente sobre a cobertura vegetal, a partir das atividades de supressão das caatingas e consequente ampliação das pastagens, tornando a pecuária a principal atividade desenvolvida no município. Associadas às condições climáticas, como as chuvas torrenciais decorrentes em um curto período, ampliaram-se as possibilidades de ocorrência da erosão acelerada, fator de degradação ambiental (CREPANI et al., 2008).

Diante das pesquisas sobre o zoneamento ambiental, a análise da fragilidade potencial é importante para gerar informações quanto às características naturais da paisagem. A isso, soma-se a análise da fragilidade ambiental emergente para ampliar o conhecimento, porque agrega informações antrópicas para estabelecer características necessárias ao zoneamento. A análise do uso e cobertura da terra constitui informações essenciais para o ordenamento territorial, ao apresentar dados sobre as principais atividades desenvolvidas, que se entrelaçam à rede de

elementos e processos da paisagem e subsidiam estudos sobre conservação. Por isso, é agregado à modelagem, no intuito de estabelecer a fragilidade ambiental emergente.

No contexto da modelagem de fragilidade ambiental emergente, os pesos atribuídos às classes de uso e cobertura da terra encontram-se sistematizados no quadro 03. Por ele, observa-se que as classes de lavoura e pastagens alternadas e solo exposto obtiveram peso 5, ao contrário das fitofisionomias, as quais foram atribuídos valores 1, 2 ou 3, por constituírem de equilíbrio ambiental aparente.

Em Canudos, a principal atividade desenvolvida é a pecuária extensiva, em que são pastoreados os gados caprino, ovino e bovino; associados à agropecuária, correspondem a 38,34% das terras municipais (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2018; OLIVEIRA JUNIOR et al., 2020). As feições vegetais se distribuem em 55,84% da área de estudo e, nos tabuleiros, encontram-se com contiguidade espacial. No entanto, em parte delas, decorrem a pressão ambiental, porque os gados são criados soltos e as práticas de desmatamento são comumente empregadas para preparar a terra, com o objetivo de desenvolver as atividades agropastoris. Por isso, existem áreas em que se encontram acentuadamente fragmentadas, a exemplo do sudoeste do município (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2020).

Quadro 03. Critérios estabelecidos às classes de uso e cobertura da terra para elaborar o zoneamento ambiental de Canudos-BA

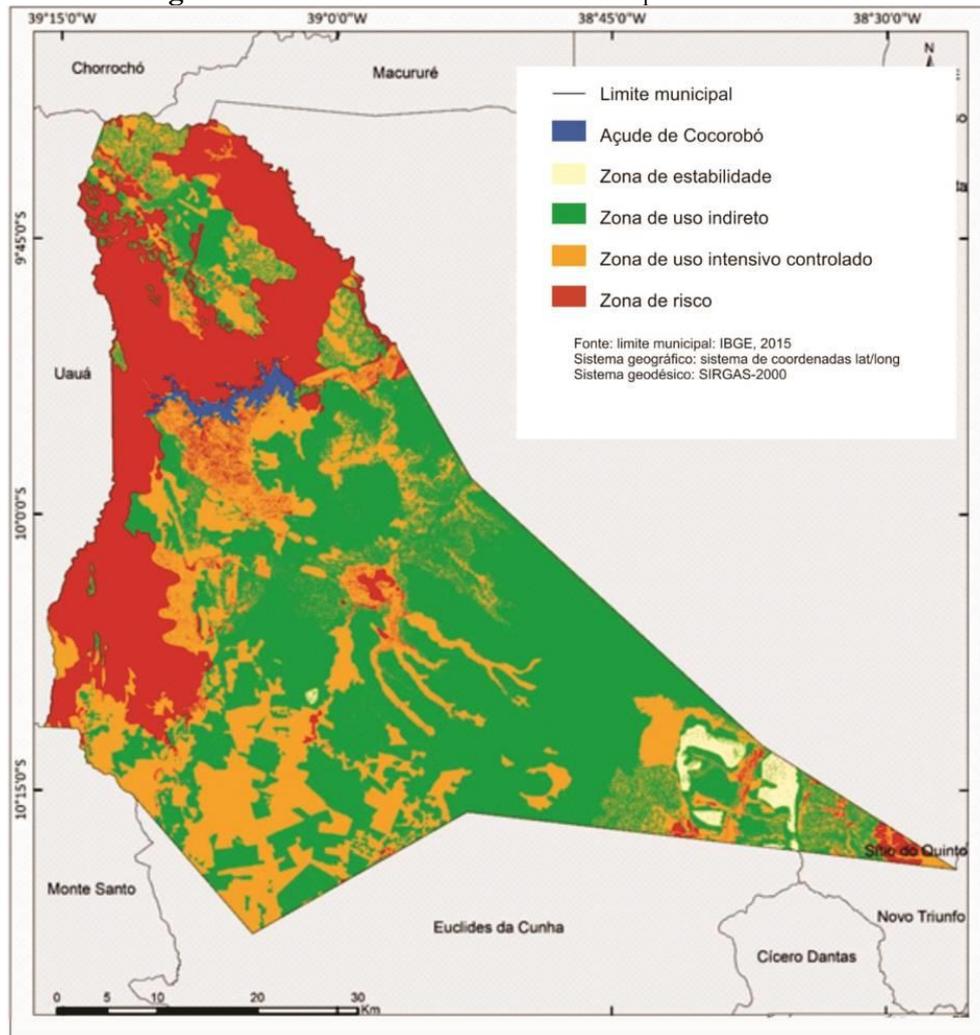
Classe	Critério	Peso
Caatinga Arbóreo-Arbustiva	Cobertura vegetal densa; baixo nível de fragilidade ambiental	1
Caatinga Arbóreo-Arbustiva Antropizada	Cobertura vegetal homogênea; baixo nível de fragilidade ambiental	1
Caatinga Parque	Homogeneidade da cobertura no período das chuvas; moderado nível de fragilidade	2
Caatinga Parque Antropizada	Manchas de solo exposto; médio nível de fragilidade	3
Campo Rupestre	Ambiente demarcado por afloramentos rochosos; nível moderado de fragilidade	2
Cidade	Alterações ambientais acentuadas; severa fragilidade ambiental	5
Lago	Alterações na dinâmica fluvial; severa fragilidade ambiental	5
Lavoura Irrigada	Alterações na cobertura vegetal; alta fragilidade ambiental	4
Lavoura e Pastagem Alternadas	Alterações na cobertura vegetal; alta fragilidade ambiental	4
Solo Exposto	Desequilíbrio ambiental; severa fragilidade ambiental	5
Superfície Erosiva Flúvio-pluvial	Deterioração ambiental; severa fragilidade ambiental	5
Vegetação com Influência Lacustre e Fluvial	Cobertura vegetal; média fragilidade ambiental	2
Vila	Alterações ambientais acentuadas; severa fragilidade ambiental	5

Fonte: Autores (2021)

A agropecuária exerce pressão sobre as bordas das áreas de proteção permanente topos de morros e já há alguns locais em que a vegetação foi suprimida para o desenvolvimento da agropecuária. Em outros, a pressão é tão intensa, a ponto de os solos encontrarem-se expostos em 2,1% do município (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2020). São estados que indicam deterioração ambiental, propensos ao desencadeamento da erosão acelerada. Às margens do rio Vaza-Barris, a agricultura irrigada configura-se como força motriz para a ocorrência de desmatamento e a utilização de fertilizantes potencializa a contaminação das águas e solos.

No zoneamento ambiental de Canudos (Figura 05), verificou-se a ocorrência de quatro zonas: a) zona de estabilidade, correspondente às áreas em que as características naturais e de uso convergem para a manutenção do equilíbrio ambiental; b) zona de risco, constituem as áreas onde as feições vegetais encontram-se antropizadas e há possibilidades de desencadear processos de deterioração; c) zona de uso intensivo controlado, referem-se aos ambientes em que o uso da terra resultaram em impactos ambientais negativos, que concorrem para elevar a deterioração às condições severas; d) zona de uso indireto, reporta-se às áreas conservadas, onde o uso não constituiu grandes alterações, visíveis na distribuição contínua da vegetação.

Figura 05. Zoneamento ambiental do município de Canudos-BA

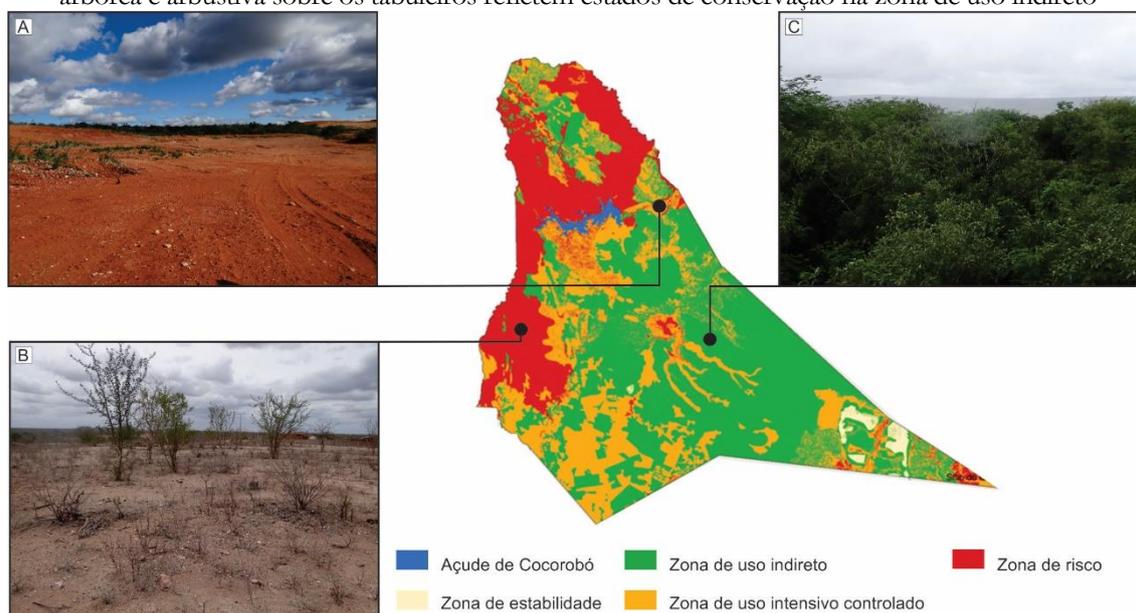


Fonte: Autores (2021)

A zona de estabilidade distribui-se em apenas 1,24% de Canudos e são constituídas, predominantemente, por altitudes entre 650m e 700m, declividade suave-ondulada, onde desenvolvem os Latossolos e a caatinga arbórea e arbustiva. Devido às características ambientais, a ocorrência de processos morfogenéticos são mais lentos e conferem maior nível de estabilidade. Ao contrário do que acontece com a zona de risco, onde a pressão originada das atividades agropecuárias alterou as condições da vegetação, a exemplo do porte e da densidade dos extratos arbustivos (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2020). Ela situa-se no oeste, distribui-se em 21,6% da área do município, em que encontram-se relevos planos a suave-ondulados, com altitudes em torno de 320m a 450m, Vertissolos, Planossolos e Luvisolos e desenvolvem em pequenas proporções a pecuária extensiva.

A referida unidade compreende as áreas mapeadas com fragilidade potencial forte e está ligada, diretamente, à supressão da vegetação frente à expansão das atividades agropecuárias em amplas áreas de solo exposto (Figura 06). Atenta-se para essa área, devido às possibilidades de intensificar processos de degradação das terras secas. Situações análogas foram identificadas em áreas do domínio morfoclimático das caatingas por Batista e Silva (2013), França et al. (2017) e Silva e Souza (2020).

Figura 06. Características das zonas ambientais do município de Canudos-BA – A: o desenvolvimento de atividades agropecuárias repercute na exposição dos solos e processos erosivos laminares em zona de uso intensivo controlado; B: na zona de risco evidencia-se estados ambientais de deterioração, onde os processos de erosão se desenvolvem para a formação de sulcos e ravinas; C: a presença da caatinga arbórea e arbustiva sobre os tabuleiros reflete estados de conservação na zona de uso indireto



A situação preocupante corresponde à zona de uso intensivo controlado, onde os indícios de degradação ambiental se manifestam, em função da supressão das feições vegetais e a ocorrência de solo exposto. A distribuição dessa classe equivale a 28% de Canudos, que possui altitudes de 450m a 500m, relevo plano a suave-ondulado e desenvolvem-se atividades agropecuárias. O uso da terra não tem possibilitado a ocorrência de práticas conservacionistas e instalam-se estados intensos de deterioração, conforme, também, apontam Oliveira Junior et al. (2020) e Pereira et al. (2020). Os solos predominantes possuem tendência natural à ocorrência da erosão e, por encontrarem-se desnudos, as marcas de erosão acelerada são visíveis (Figura 06).

A zona de uso intensivo controlado está assentada sobre áreas de fragilidade ambiental média e se estende, predominantemente, nas áreas de desenvolvimento da agropecuária (Figura 06). A propagação da pecuária é preocupante, pois o gado é criado de forma extensiva e, muitas vezes, sem utilizar técnicas condizentes com as características ambientais, aptidão e capacidade de suporte das atividades agrícolas, com possibilidades de repercutir em degradação ambiental (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2018; OLIVEIRA JUNIOR et al., 2020). Essas formas de deterioração foram observadas em diversos trechos do município durante as atividades de campo, como as relacionadas à exposição dos solos e erosão evidenciadas na figura 06.

A zona de uso indireto sobressai em extensão, correspondente a 49,1% do território municipal, e é formada, essencialmente, por arenitos e Neossolos quartzarênicos. Esses, possuem níveis de estabilidade devido à cobertura contínua das feições vegetais (Figura 06), que proporciona proteção e maiores taxas de infiltração hídrica nos solos e alimentação do lençol freático. As altitudes constituem nas mais elevadas e as declividades são predominantemente planas.

A retirada da vegetação dessas áreas tende a perturbar o meio, como os considerados de níveis de fragilidade potencial acentuados (Figuras 04 e 06), diminuir as taxas de infiltração de água no solo e ocasionar processos de deterioração ambiental. Por isso, na zona de uso indireto deve-se estabelecer restrições de uso, com o intuito de manter o equilíbrio dinâmico ambiental. Ademais, a manutenção da cobertura vegetal constitui caminhos para a configuração de *habitat* e conservação da biodiversidade. Assim, as zonas de uso indireto poderiam ser convertidas em unidade de conservação, em virtude da conservação da caatinga arbórea e arbustiva, de possuir níveis acentuados de fragilidade potencial e de constituir áreas de alimentação do lençol freático.

Considerações finais

A integração dos dados por meio da álgebra de mapas possibilitou estudos geográficos na perspectiva ecológica, no sentido de promover discussões sobre a fragilidade e zoneamento ambiental. As unidades mapeadas demonstraram a necessidade de práticas conservacionistas e/ou de restrição de uso, no tocante de gerar meios de reversão de problemáticas, como as relacionadas os processos erosivos visualizados em dados de campo.

O estudo denotou a fragilidade ambiental no município de Canudos-BA, própria das terras secas, que se assemelha a muitas outras escalas no domínio morfoclimático das caatingas.

Por isso, a teoria e métodos empregados podem ser replicados em outras pesquisas para subsidiar a definição de cenários ambientais, bem como promover caminhos para o conhecimento ambiental e planos de desenvolvimento.

O município de Canudos possui graus de fragilidade emergente altos, decorrentes do uso da terra que tem reduzido a cobertura vegetal e diminuído a proteção dos solos contra às intempéries climáticas. Com isso, as possibilidades de ocorrer a erosão acelerada são ampliadas, bem como a degradação. A fragilidade própria da natureza das rochas, dos solos e das características do relevo quando não são consideradas nos planos de manejo das terras tendem a causar desequilíbrios ambientais, visíveis na extensão de solos expostos e erosão acelerada.

A indicação da fragilidade constituiu em um meio eficaz para definir o zoneamento ambiental municipal e delinear as unidades geoambientais para o planejamento ambiental. As zonas identificadas denotaram estados de conservação ambiental e de deterioração, que indicaram alguns fatores importantes para a manutenção do equilíbrio ambiental. As feições vegetais do domínio morfoclimático das caatingas promovem a conservação dos solos, e contribuem para constatar a estabilidade ambiental.

Os resultados da pesquisa, obtidos pela utilização de estudos de campo e das geotecnologias, apontaram para a complexidade de elaborar e analisar a modelagem ambiental, em função dos critérios a serem estabelecidos e problemáticas averiguadas. Tudo isso deve ser considerado quando os objetivos constituírem caminhos para estabelecer o planejamento e a gestão ambiental.

Referências

- AB'SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 18, p. 1-23, 1969.
- ABRÃO, M. R.; BACANI, V. M. Diagnóstico da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, MS: subsídio ao zoneamento ambiental. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 38, n. 3, p. 619-645, 2018. DOI: 10.5216/bgg.v38i3.56362.
- ALVES, R. E.; SOUZA, L. F.; SOYZA, V. M.; QUEIROZ, T. A. F.; LIMA, J. V.; A degradação e fragilidade dos solos no sudoeste de Goiás: o caso da bacia hidrográfica do Ribeirão da Picada. **Revista Geográfica de América Central**, Heredia, v. 1, n. 56, s. p. 235-258, 2016. DOI: 10.15359/rgac.1-56.10.
- ANTUNES, R.; ROSS, J. L. S. Interpretação das fisionomias da paisagem e sua fisiologia a partir do sensoriamento remoto no Sul do Brasil. **Geoambiente**, Jataí, Ed. Especial, n. 30, p. 74-96, 2008. DOI: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i30.52828>.

BATISTA, J. P. G.; SILVA, F. M. Avaliação da fragilidade ambiental na microbacia do Riacho Cajazeiras no semiárido potiguar. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 33, n. 1, p. 63-82, 2013. DOI: 10.5216/bgg.v33i1.23632.

BECKER, B.; EGLER, C. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia Legal**. Brasília (DF): MMA, 1997.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: um esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, São Paulo, n. 13, p. 1-27, 1971.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências

CÂMARA, G.; DAVIS JR., C. A. Arquitetura de sistema de informação geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS JR., C. A.; MONTEIRO, A. M. V. (Orgs). **Introdução à ciência da geoinformação**. INPE: São José dos Campos, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgar Blücher, 1999.

CORTE, A. P. D.; HENTZ, A. M. K.; DOUBRAWA, B.; SANQUETTA, C. R. Environmental fragility of Iguazu river watershed, Paraná, Brazil. **Bosque**, Valdivia, v. 36, n. 2, p. 287-297, 2015. DOI: 10.4067/S0717-92002015000200014

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S., PALMEIRA, A. F., SILVA, E. F. Zoneamento Ecológico Econômico. In: Florenzano, T. G. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 285-318.

CRISPIM, A. B.; SOUZA, M. J. N.; LOURENÇO, R. M. Relação sociedade/natureza, fragilidade e degradação ambiental: bases conceituais para os estudos ambientais. **Geonordeste**, São Cristóvão, v. 25, n. 3, p. 24-39, 2014.

DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. P; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 175-181, 2006. DOI: 10.1590/S1415-43662006000100026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Súmula 10: reunião técnica de levantamento de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979.

FRANÇA, L. C. J.; PIUZANA, D.; ROSS, J. L. S. Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente em núcleo de desertificação no semiárido brasileiro (Gilbués, Piauí). **Espacios**, Caracas, v. 38, n. 31, p. 21-38 2017.

GONÇALVES, G. G. G.; DANIEL, O.; COMUNELLO, É.; VITORINO, A. C. T.; ARAI, F. K. Determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 4, p. 797-808, 2011. DOI: 10.5380/rf.v41i4.25344.

HARE, F. K. et al. **Desertificação: causas e consequências**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1992.

IBGE. Infraestrutura de Dados Espaciais. **IBGE**, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15 fev. 2019.

LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2007.

LEFF, E. Decrecimiento o desconstrucción de la economía: Hacia un mundo sustentable. **Polis**, Santiago, v. 7, n. 21, p. 81-90, 2008.

LEFF, E. **Aposta pela vida: imaginação sociológica e imaginários sociais nos territórios ambientais do Sul**. Petrópolis: Vozes, 2016.

LIMA, F. J.; CESTARO, L. A. Considerações sobre zoneamentos como instrumentos de gestão do território. **Revista de Geografia**, Recife, v. 27, n. 3, p. 155-168, 2010.

LOBÃO, J. S. B.; SILVA, B. C. N. **Análise socioambiental na região Semiárida da Bahia: geoprocessamento como subsídio ao ordenamento territorial**. Feira de Santana: UEFS Editora, 2013.

LOBÃO, J. S. B.; VALE, R. C. M. Lógica fuzzy na modelagem da desertificação no estado da Bahia. **Geografia**, Rio Claro, v. 38, n. 1, p. 123-140, 2013.

MASSA, E.; ROSS, J. L. Aplicação de um modelo de fragilidade ambiental relevo-solo na serra da Cantareira, bacia do córrego do Bispo, São Paulo-SP. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 24, p. 57-79, 2012. DOI: 10.7154/RDG.2012.0024.00042012.

MEIRELLES, M. S. P.; CAMARA, G.; ALMEIDA, C. M. **Geomática: Modelos e Aplicações Ambientais**. 1º Ed. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

MENDONÇA, F. A. **Geografia e meio ambiente**. 6. ed. São Paulo Contexto, 2002.

_____. Geografia física: complexidade, multiescalaridade e oportunidades em tempos de mudanças globais. **GEONORTE**, Manaus, edição especial, v. 4, n. 4, p. 239-248, 2012.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000.

NEVES, E. F.; MIGUEL, A. (org.). **Caminhos do sertão: ocupação territorial, sistema viário e intercâmbios coloniais dos sertões da Bahia**. Salvador: Arcadia, 2007.

OLIVEIRA, R. G.; BACANI, V. M. SILVA, V. R.; CUNHA, E. R.; FERREIRA, E. M. Análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográficada do Córrego São João-MS utilizando geoprocessamento. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 64, n. 1, p. 15-24, 2012.

OLIVEIRA JUNIOR, I.; LOBÃO, J. S. B.; SILVA, B. C. N.; PEREIRA, A. J. Indicadores socioeconômicos de desertificação: análise da produção agropecuária no polo regional de Jeremoabo – Bahia. **Geonordeste**, São Cristóvão, v. 29, n. 2, p. 23-42, 2018.

OLIVEIRA JUNIOR, I.; PEREIRA, A. J.; LOBÃO, J. S. B.; SILVA, B. C. M. N. Uso e cobertura da terra e o processo de desertificação no Polo Regional de Jeremoabo-Bahia. **Revista de Geografia**, Recife, v. 37, n. 2, 2020.

PEREIRA, A. J.; OLIVEIRA JUNIOR, I. LOBÃO, J. S. B. Análise da susceptibilidade à desertificação em ambiente de caatinga. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 37, e39260, p. 1-19, 2020. DOI: 10.12957/geouerj.2020.39260.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **Os (des)caminhos do meio ambiente**. 6. ed. São Paulo: Contexto, 2011.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. La geoecología del paisaje, como fundamento para el analisis ambiental. **REDE**, Fortaleza, v. 1, n. 1, p. 77-98, 2007.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990.

_____. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, p. 17-29, 1992. DOI: 10.7154/RDG.1992.0006.0002.

_____. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994. DOI: 10.7154/RDG.1994.0008.0006.

_____. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SANTOS, J. O. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 75-90, 2015. DOI: 10.4215/RM2015.1402.0005.

SILVA, L. F.; SOUZA, B. I. Fragilidade ambiental na APA das Onças, município de São João do Tigre-PB no semiárido brasileiro. **Continentes**, Seropédica, v. 9, v. 17, 2020.
SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOREFERENCIADAS – SIG-BAHIA **Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos – SIRH**. Salvador: Superintendência de Recursos Hídricos, 2003. 2 CD - Rom.

SOUZA, M. P. **Instrumentos de gestão ambiental: fundamentos e prática**. São Carlos: Editora Riani Costa, 2000.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEO USP**, São Paulo, n. 15, p. 39-49, 2004. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2004.123868>.

Análise integrada da paisagem: subsídios para o zoneamento ambiental em Canudos-BA. Nerivaldo Afonso Santos, Israel de Oliveira Junior, Elane Fiúza Borges.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA – SEI.
Balanço hídrico do estado da Bahia. Salvador: SEI, 1999.

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

TROLL, C. A paisagem geográfica e sua investigação. **Espaço e Cultura**, Rio de Janeiro, v. x, n. 4, p. 1-7, 1997.

Submetido em: junho de 2020.

Aceito em: fevereiro de 2021.

Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n. 43, v. 3, p. 178-200, set-dez, 2021.

ISSN: 2176-5774