ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 12, nº 2 (2026)

https://doi.org/10.21680/2447-3359.2026v12n1ID43080

Estruturas geológicas como elementos facilitadores de conectividade entre fragmentos de Caatinga

Geological structures as elements facilitating connectivity between Caatinga patches

Janaína Silva de Oliveira[1]; Eduardo Rodrigues Viana de Lima[2]; Bartolomeu Israel de Souza[3]; Luciano Bruno Elpídio da Rocha Oliveira[4]

[1] Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN), João Pessoa/PB, Brasil. E-mail: jso.ambiental@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0784-763X

[2] Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN), João Pessoa/PB, Brasil. E-mail: eduvianalima@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1116-9090/

[3] Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Centro de Ciências Exatas e da Natureza, (CCEN), João Pessoa/PB, Brasil. E-mail: bartolomeuisrael@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2173-8314

[4] ERA Geologia e Meio Ambiente, João Pessoa/PB, Brasil. E-mail: oreblu@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4745-9209

Resumo: A Caatinga é um bioma endêmico do Brasil que se destaca pela geodiversidade e biodiversidade adaptada ao clima semiárido. Tais peculiaridades foram historicamente negligenciadas por políticas públicas e estudos científicos, sendo ainda mantido o senso comum de uma região com extrema pobreza social e paisagística. A perda da vegetação nativa para usos antropogênicos de subsistência ameaça os remanescentes de Caatinga, que estão mais isolados entre si. Os fragmentos de Caatinga do Cariri Paraibano foram analisadas sob uma perspectiva inédita na região, com o objetivo de avaliar os componentes geoambientais e modelar a conectividade estrutural da Caatinga conforme premissa geográfica da Ecologia de Paisagem. A modelagem do Índice Integral de Conectividade evidenciou o cenário alarmante do isolamento dos fragmentos de Caatinga Densa. Diante da degradação ambiental identificada, lineamentos de altos topográficos e zonas de cisalhamento demonstraram ser elementos facilitadores para a formação de corredores estruturais, embasados na teoria dos fractais, onde feições geomorfológicas dos relevos residuais se repetem na escala regional. Desta forma, componentes geoambientais análogos podem ser incorporados como estratégias ao planejamento territorial para conectar áreas relevantes na preservação ambiental do bioma.

Palavras-chave: conectividade estrutural; fragmentos de Caatinga; planejamento territorial.

Abstract: The Caatinga is an endemic Brazilian biome that stands out for its geodiversity and biodiversity adapted to the semiarid climate. These peculiarities have historically been overlooked by public policies and scientific studies, and the conventional wisdom still holds as a region of extreme social and landscape poverty. The alteration of vegetation to anthropogenic subsistence uses threatens the remaining Caatinga regions, which are more isolated from each other. The Caatinga patches of the Cariri region in Paraíba were analyzed from a perspective novel to the area, with the aim of evaluating geoenvironmental components and modeling the structural connectivity of the Caatinga based on the geographic premises of Landscape Ecology. The resulting modeling, using the Integral Connectivity Index, highlighted the alarming isolation of Dense Caatinga patches. Given the identified environmental degradation, lineaments of topographic heights and shear zones become facilitators for the formation of ecological corridors, based on fractal theory, where geomorphological features of residual reliefs are repeated at the regional scale. Thus, it was concluded that analogous geoenvironmental components can be incorporated as strategies into territorial planning to connect areas relevant to the biome's environmental preservation.

Keywords: srtuctural connectivity; Caatinga patches; territorial planning.

Recebido: 23/02/2026; Aceito: 28/10/2026; Publicado: 11/21/2026.

1. Introdução

A Caatinga é a maior Floresta Tropical Sazonalmente Seca da América do Sul, que abrange grande parte do Nordeste e uma pequena porção a norte de Minas Gerais. O endêmico bioma abrange cerca de 10% do território brasileiro, onde predomina o clima semiárido, caracterizado pela vegetação herbácea, arbustiva e arbórea com dominância de espécies xerófitas e decíduas, formado pelo arranjo geográfico de elementos históricos, climáticos, bióticos e abióticos (LESSA et al., 2019; LIMA et al., 2018; MEIADO et al.; 2020; SANTOS et al., 2011; SOUZA et al. (2015).

Conforme Silva e Souza (2018) e Lima et al. (2018), há várias hipóteses não exclusivas para explicar os padrões de diversificação desta rica e elevada biodiversidade Neotropical. Para Moro et al. (2015), as plantas da Caatinga desenvolveram estratégicas ecológicas evolutivas devido ao estresse hídrico da semiaridez, que resultaram na alta biodiversidade florística associada aos ambientes edáficos. Outra hipótese está relacionada a eventos tectônicos ocorridos no Paleoceno (66-56 Ma), com a reorganização paleogeográfica mantida pelas alterações climáticas durante o Pleistoceno (1,58-0,00117 Ma). Essa dinâmica histórica proporcionou a expansão e retração das florestas tropicais, com o avanço de espécies das formações florestais abertas e secas pelos corredores dos refúgios xéricos pleistocênicos (SILVA; SOUZA, 2018).

Fatores endógenos e exógenos também embasam a compreensão da evolução de uma importante estrutura geológica do Nordeste brasileiro, na qual a Caatinga se manifesta: a Província Borborema. Modelos clássicos sobre o desenvolvimento morfoestrutural da Borborema enfatizam aspectos climáticos-erosionais, cuja morfogênese é resultante de processos epirogênicos pós-cretáceos e sucessivos ciclos de aplainamento; porém não explicam o conjunto de paisagens geomorfológicas observadas na região (CORREA et al., 2010; MAIA; BEZERRA; SALES, 2010).

No Planalto da Borborema, a presença característica de *inselbergs*, lajedos e *plutons* em áreas graníticas têm relevo associado à meteorização e exumação decorrentes da orogenia brasiliana, com ciclo geodinâmico marcado pelo desenvolvimento de zonas de cisalhamento direcionais associadas a um extenso magmatismo ediacarano (MAIA; NASCIMENTO, 2018; LAGES et al., 2016). Correa et al. (2010) ressaltam que a influência das estruturas herdadas, a litologia sobre os modelados de erosão diferencial e a ocorrência de um bombeamento regional a partir do Cretáceo são premissas morfoestruturais que embasam as pesquisas sobre a morfogênese desta principal unidade de relevo do nordeste brasileiro.

Com paisagens em processo de pediplanação, as superfícies elevadas da Borborema se destacam e desenvolvem um importante controle orográfico, pois retém a umidade nos topos mais altos e encostas de barlavento dos ventos originários do Atlântico e promovem redução da umidade nas encostas de sotavento (MEIADO et al., 2020). Maia e Nascimento (2018) complementam que os compartimentos e feições do relevo também organizam um importante sistema de drenagem. Conforme os autores, nas bacias de dissolução, diversas reentrâncias erosionais confinam drenagens efêmeras, isoladas ou interconectadas por exutórios; e as caneluras originam focos de drenagem radial com eventual acúmulo de sedimentos e matéria orgânica em seu interior, que permite o acesso da vegetação nas superfícies de *inserlbergs* e blocos graníticos.

Apesar dessas especificidades da Caatinga, Santos et al. (2011) destacam que o bioma é pouco estudado quando comparado com florestas úmidas. De acordo com os autores, a ausência de informações científicas foi evidenciada na década de 1990, o que comprometeu investimentos e políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável na região. Atualmente, estudos e políticas públicas ainda são considerados incipientes na Caatinga, fortemente ameaçada pelos altos níveis de desertificação e baixa representatividade de áreas protegidas, que perfazem apenas 9% do ecossistema (LESSA et al., 2019; MEIADO et al., 2020; MORO et al., 2015; SOUZA et al., 2015).

A Ecologia de Paisagem tem permitido compreender a fragmentação de hábitats e, por meio de modelagem, avaliar a configuração, composição e dinâmica de mosaicos heterogêneos em uma escala de observação (METZGER et al., 2007). Neste sentido, Pomianowski e Solon (2020) destacam a Teoria dos Grafos como a abordagem mais promissora, onde manchas de hábitat (conjuntos de nós) são distinguidas da matriz; e as conexões (arestas) representam a distância entre as manchas. Para Herrmann (2011), a aplicação de um sistema de conexão da paisagem é uma premissa para formação de corredores ecológicos, considerados instrumentos eficazes de planejamento regional capazes de integrar mosaicos e viabilizar a resiliência de paisagens modificadas.

O termo 'corredor ecológico' é definido pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) como porções de ecossistemas naturais ou seminaturais que ligam duas ou mais Unidades de Conservação (UCs) e visa facilitar a recolonização de áreas degradadas, a dispersão de espécies e a manutenção de populações de espécies que precisam de extensas áreas para sua sobrevivência. Assim, a conectividade pode ser funcional, a partir do deslocamento de indivíduos

e populações; ou estrutural, baseada na ocorrência, distribuição espacial e relações entre fragmentos de vegetação associados com características físicas da paisagem (PEREIRA; CESTARO, 2016; POMIANOWSKI; SOLON, 2020; ZOILKOWSKA et al., 2014).

Nessa premissa, o presente trabalho apresenta uma análise sob a ótica geográfica da Ecologia de Paisagens e visa identificar áreas potenciais para a conectividade estrutural da Caatinga, tendo como foco a região do Cariri Paraibano.

2. Metodologia

A área de estudo foi delimitada para contemplar a bacia do Alto Curso do Rio Paraíba e parte da sub-bacia do Rio Taperoá, que além da relevância hídrica, abrigam importantes maciços residuais com geodiversidade e biodiversidade ímpar. Com 920.771 hectares, a área inclui 21 municípios do Cariri Paraibano e abriga uma população de 146.194 habitantes (IBGE, 2022), grande parte composta por pequenos produtores rurais que sobrevivem em meio à sazonalidade climática e hidrológica.

O Planalto da Borborema influencia o clima da região, do tipo semiárido quente BSh pela classificação de Köppen, que apresenta os menores índices de precipitação do Brasil, com média pluviométrica entre 400 a 800mm. Apesar do baixo índice pluviométrico, Souza et al. (2015) destacam a região do Cariri Paraibano pelo elevado nível de perturbação antrópica, com perda da cobertura vegetal e grande áreas em processo de desertificação, que ameaçam a riqueza florística associada aos terrenos do complexo cristalino da região.

Práticas agropecuárias, inclusive de subsitência, contribuem com a degradação local. A expressiva quantidade de caprinos é apontada no Censo Agropecuário do IBGE, que no ano de 2017 totalizavam 235.947 cabeças. Esses animais são bem adaptados às condições locais e conseguem utilizar áreas de vegetação nativa para pastejo, sendo facilmente visualizados na região de estudo, inclusive em áreas com topografia mais elevada.

Além das atividades antropogênicas, instrumentos de conservação de áreas com características naturais relevantes ainda são escassos, representados por quatro UCs de Uso Sustentável, que juntas abrangem 6,53% da região. O interesse na geoconservação é marcada pela proposta do Serviço Geológico Brasileiro para criação do Geoparque do Cariri Paraibano (LAGES at al., 2018), sendo mapeados nove sítios da geodiversidade (com potencial uso educativo e turístico) e 11 geossítios (determinados pela representatividade, integridade, raridade e conhecimento científico de relevância nacional e internacional). A proposta abrange 21% da área de estudo e, se implantada, pode contribuir com a preservação local, apesar de não apresentar caráter legal para proteção do patrimônio geológico identificado (Figura 1).

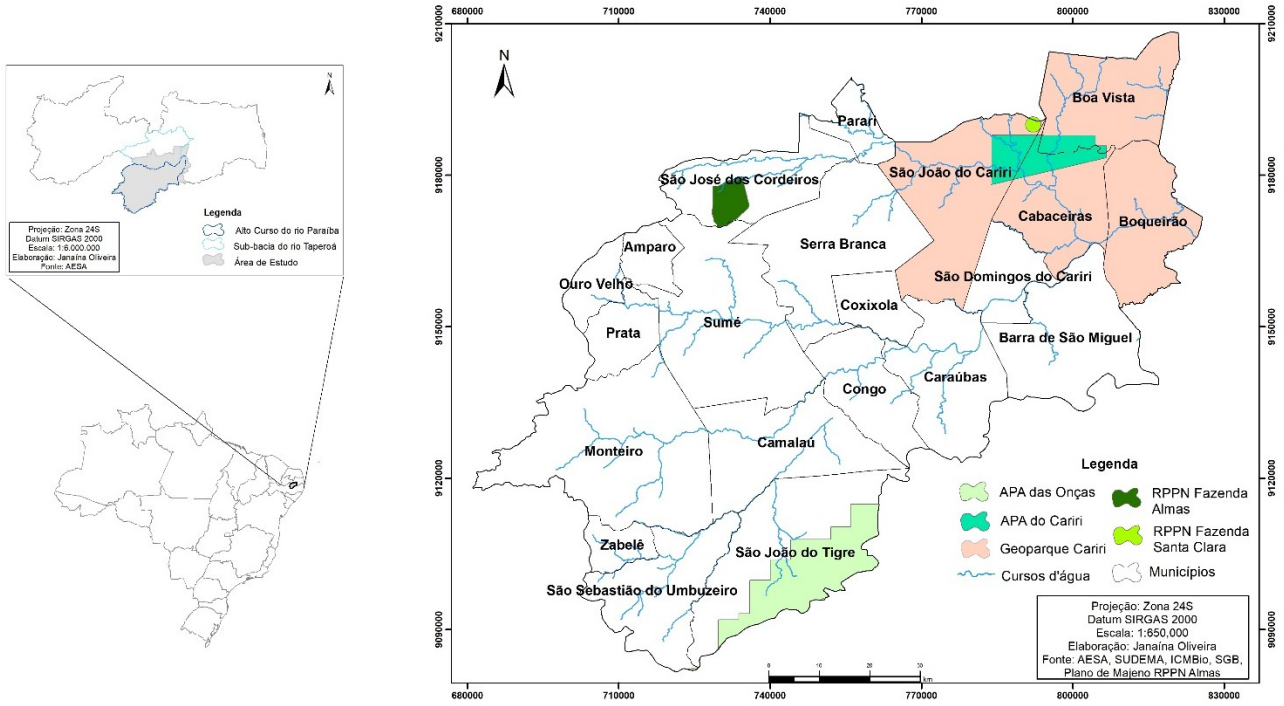


Figura 1 – Área de Estudo, com municípios, principais cursos d'água, UCs e proposta do Geoparque. Fonte: autores (2026).

Para subsidiar a modelagem da paisagem, inicialmente foi realizado o mapeamento de uso e cobertura da terra a partir da análise de imagens baseada em objetos geográficos (*Geographic Object-Based Image Analysis* – GEOBIA). As imagens foram geradas pelo sensor *MultiSpectral Instrument* (MSI) do Sentinel-2 em 12/11/2017, ano considerado neutro a partir do comportamento temporal da precipitação pluviométrica (AESA, 2019) e dos fenômenos *El Niño* e *La Niña* (CPC, 2019). No ArcGIS foram aplicados oito índices espectrais de vegetação e água; e no software *Definiens e-Cognition* foi realizada a segmentação das imagens com uso do algoritmo de multirresolução, parâmetro de similaridade 100, forma 0,1 e compacidade 0,5, considerando as médias e desvios padrões com pesos equivalentes a 1 (OLIVEIRA et al., 2024).

A partir de visitas de campo foram definidas sete classes temáticas, a saber: Corpo Hídrico (água acumulada na superfície); Afloramento Rochoso (rocha exposta na superfície); Ambiente Antrópico (ocupação urbana/semiurbana e solo exposto principalmente por atividades minerárias); Mata Extótica (predominância de algaroba – *Prosopis juliflora* (Sw.) DC); Caatinga Antropizada (atividades agropastoris com predominância de vegetação herbácea); Caatinga Rarefeita (vegetação herbácea, arbustiva e/ou arbórea aberta que recobrem parcialmente o solo); e Caatinga Densa (vegetação arbórea-arbustiva mais adensada que recobrem totalmente a superfície do solo). A confiabilidade do mapa foi verificada por verdade terrestre e validada estatisticamente pelo índice Kappa e matriz de confusão.

No mapa gerado foram aplicadas métricas da paisagem, com destaque para o Índice Integral de Conectividade (IIC), modelagem embasada na Teoria dos Grafos realizada pela extensão *Conefor Sensinode* 2.6 no ArcGIS. Essa ferramenta oferece algoritmos que destacam os fragmentos-chave conforme tamanho, forma, localização espacial e número de conexões estabelecidas em uma distância pré-determinada (PAESE et al., 2012; SAURA; RUBIO, 2010; ZIOLKOWSKA et al., 2014). Aqui, a conectividade estrutural foi avaliada em duas distâncias: uma de até 1,5km, passível de execer conexão funcional entre fragmentos de Caatinga (ANTONGIOVANNI; VENTICINQUE; FONSECA, 2018); outra de até 7,5km, para não subestimar a conectivade estrutural na escala regional.

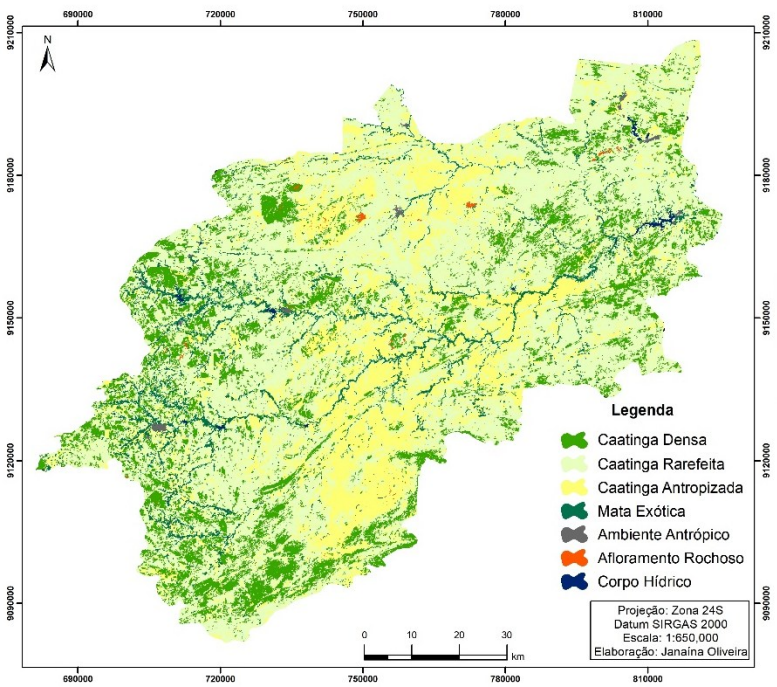
A análise da paisagem também envolveu componentes geoambientais, com dados das Reservas Legais e UCs existentes; imagens da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) para criação do Modelo Digital de Elevação (MDE), mapa de declividade e aplicação do Índice Topográfico de Umidade (TWI); além de mapas de pedologia e geomorfologia do IBGE (escala 1:250.000) e cartas geológicas do Serviço Geológico Brasileiro, sendo necessária a reinterpretação geológica para adequação de polígonos incompletos durante a vetorização e construção do mosaico em escala 1:100.000.

Para identificar influências e efeitos dos fatores abióticos na manutenção da Caatinga diante o dinamismo e especificidades da paisagem, o presente trabalho analisou e relacionou os componentes geoambientais com os fragmentos-chave destacados pelo IIC, onde as UCs também foram consideradas como áreas prioritárias para a conectividade estrutural; e as Reservas Legais foram destacadas conforme posicionamento espacial considerado estratégico. Trata-se de uma abordagem integradora entre a geografia física e a Ecologia de Paisagens, que associa a dinâmica de uso e cobertura da terra, os atributos abióticos e as métricas de paisagem.

Ressalta-se que a análise da paisagem foi conduzida a partir da resolução espacial das imagens de satélite para interpretar os padrões espaciais em escala regional. Contudo, as informações pedológicas e geomorfológicas do IBGE estavam disponíveis apenas na escala 1:250.000, o que justifica o uso dessas bases apenas como suporte à contextualização regional e interpretação integrada com os dados geológicos.

3. Resultados e discussão

A classificação GEOBIA apresentou exatidão global equivalente a 87% e índice Kappa de 0,85, atingindo a qualidade excelente do mapa de uso e cobertura da terra. Os resultados foram obtidos com o uso de 10 descritores: desvio padrão da banda B7, média das bandas B2, B3, B5, B6, B8, B12 e índices espectrais MNDWI, NDWI e SAVI. A Figura 2 apresenta o mapa gerado, com fotos de referência e as áreas quantificadas de cada classe temática.





Classes Temáticas	Área	
	ha	%
Afloramentos Rochosos	784	0,09
Caatinga Antropizada	204.699	22,23
Mata Exótica	26.669	2,90
Caatinga Densa	145.765	15,83
Caatinga Rarefeita	539.822	58,63
Corpo Hídrico	1.431	0,16
Ambiente Antrópico	1.601	0,17
Total	920.771	100

Figura 2 – Mapa de uso e cobertura da terra com fotos de referência e áreas quantificadas de cada classe temática. Fonte: autores (2026).

Como pode-se observar na Figura 2, a Caatinga Rarefeita é a unidade dominante da paisagem, com 58,63% da área de estudo. Outras métricas da paisagem aplicadas evidenciaram a existência significativa de fragmentos grandes conectados, atingindo 69,71% de toda a área da classe. Assim, o modelo de conectividade foi resultante da aplicação do IIC apenas para os fragmentos de Caatinga Densa, justificada tecnicamente pela uniformidade da Caatinga Rarefeita.

A conectividade estrutural foi mensurada em uma matriz permeável, onde os maiores níveis de IIC correspondem aos fragmentos-chave mais relevantes da Caatinga Densa para uma conexão entre a classe temática. Na Figura 3 percebe-se que os fragmentos-chave destacados pelo IIC concentram-se na porção sul da região do Cariri Paraibano; e quando a distância se torna maior, fragmentos a noroeste e a leste da área de estudo também se tornam mais relevantes.

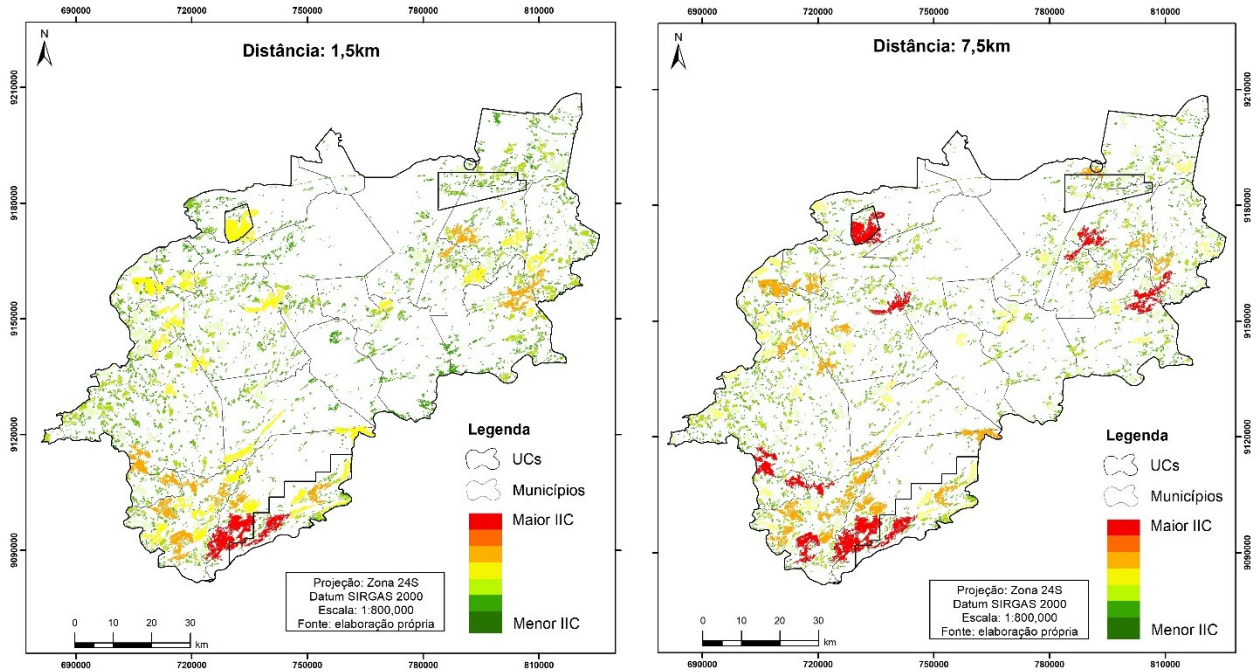


Figura 3 – Modelagem resultante do IIC para distâncias de 1,5km e 7,5km.
Fonte: autores (2026).

No entanto, a modelagem não demonstrou um cenário favorável de conectividade para ambas as distâncias adotadas, uma vez que não há fragmentos com maiores valores de IIC que permeassem a matriz. Isto indica que pequenos fragmentos, apesar de abundantes, podem ser considerados pouco efetivos na função de *stepping stones*, ou trampolins ecológicos, onde manchas de hábitat dispersas na paisagem viabilizam a conectividade em meio à matriz heterogênea.

Tais resultados revelam um provável empecilho para a formação de corredores ecológicos e, consequentemente, um comprometimento da função ambiental destes hábitats. A estrutura altamente complexa dos fragmentos e a elevada exposição à diversas ameaças antropogênicas são apontadas por Antongiovanni, Venticinque e Fonseca (2018) como pontos de fragilidade para a conservação da Caatinga. Porém, para os autores, fragmentos grandes apresentam potencial para abrigar populações de espécies sensíveis, com capacidades reduzidas de deslocamento através da matriz, o que resulta em uma razoável integridade estrutural do bioma.

Na concepção de paisagens favoráveis à biodiversidade, a qualidade da matriz deve estar fundamentada em uma conectividade estrutural que integre áreas de proteção da natureza, seu entorno e a conservação de hábitats focais em larga escala (POMIANOSWKI; SOLON, 2020; WARD et al., 2020). Porém, os resultados demonstram a vulnerabilidade dos fragmentos de Caatinga Densa e das UCs em evidente processo de isolamento na área de estudo. Nota-se que duas UCs recebem destaque nessa modelagem, onde estão inseridos os fragmentos com elevados níveis de IIC: a APA das Onças e a RPPN Fazenda das Almas.

A APA das Onças, apesar de ser a UC mais afastada das áreas protegidas, demonstrou estar bem conectada em seu interior e entorno imediato. Localizada no município de São João do Tigre, a maior UC da região do Cariri Paraibano foi criada em 2002, com cerca de 36.000ha, que abriga um dos fragmento-chave mais importantes na modelagem com distância de 1,5km. O reconhecimento desse território foi fortalecido com o Plano de Manejo, instrumento de gestão finalizado em 2025, com definição de zonas e programas de manejo para promover o desenvolvimento local com a conservação das espécies ameaçadas de extinção.

No recente Plano de Manejo, a poligonal oficial teve limites alterados e deixou de contemplar um dos fragmentos de maior IIC do município. Antes, a UC contemplava cerca de 7.900ha (22% da APA) desses fragmentos, reduzidos para 2.050ha (5% da UC). Apesar da perda da proteção legal, o resultado do IIC indica uma possível conectividade funcional no entorno para favorecer o deslocamento de espécies nativas e o fluxo gênico existente.

Quando a distância de conectividade é ampliada para até 7,5km, percebe-se que a RPPN Fazenda das Almas passa a proteger um dos fragmentos-chave de maior IIC. Localizada entre os limites dos municípios de São José dos Cordeiros e

Sumé, a UC abrange 5.503ha, dos quais 2.815ha (51%) correspondem ao trecho deste fragmento de maior IIC. Tal resultado demonsta a potencialidade para atender o objetivo principal da RPPN de proteger os recursos naturais da região.

Conforme o Plano de Manejo, 35% desse território refere-se à zona silvestre, representada pelo maior grau de conservação da biodiversidade e integridade dos recursos naturais, com significativas áreas de afloramentos rochosos associadas à vegetação peculiar. Tal zona foi integralmente contemplada pelo fragmento-chave destacado no IIC. Entretanto, a RPPN demonstra estar criticamente isolada não apenas das demais UCs na região do Cariri Paraibano, como também dos demais fragmentos de Caatinga Densa situados em seu entorno.

Outro cenário de atenção é observado na APA do Cariri e na RPPN Santa Clara, que embora muito próximas entre si, não apresentaram fragmentos com elevado valor de IIC nas duas distâncias adotadas. Esta região é fortemente pressionada por ações antropogênicas, principalmente a explotação de bentonita; mas também se destaca pelo interesse na conservação do patrimônio geológico e geomorfológico em nível internacional, com a proposta do Geoparque do Cariri. Mesmo situadas em potenciais sítios geológicos e paleontológicos, muitas das atividades minerárias não possuem efetivos planos de gestão ambiental, o que pode desencadear conflitos socioambientais entre o uso rural e os objetivos das UCs.

O isolamento completo de remanescentes nativos é uma consequência dos efeitos da fragmentação. Durante este processo há um período de latência entre a modificação do hábitat e a estabilidade estrutural da paisagem, que pode causar um débito ecológico com posterior eliminação de espécies sensíveis, trazendo prejuízos na funcionalidade do ecossistema e comprometendo o papel fundamental das UCs (HERRMANN, 2011; HADDAD et al., 2015; PAESE et al., 2012).

Neste sentido, Meiado et al. (2020) destacam a importância de integrar os diversos setores da sociedade para reduzir a degradação ambiental. Para os autores, as políticas públicas e parcerias público-privadas são consideradas essenciais para reorganizar o uso do território e devem estimular práticas produtivas sustentáveis que gerem renda e, ao mesmo tempo, envolvam as comunidades em práticas de recuperação ambiental.

Ao lidar com a conectividade de hábitats, os grafos fornecem uma representação espacialmente explícita, onde os modelos podem ser adequados para representar a complexidade da área em análise. Deste modo, os elementos individuais da paisagem passam a nortear os esforços de conservação, sendo essenciais para identificar os principais corredores entre os fragmentos destacados pelo IIC (SAURA; RUBIO, 2010; ZIOLKOWSKA et al., 2014).

Sob a perspectiva dos aspectos pedológicos, os fragmentos-chave seguem um padrão de distribuição associados ao Neossolo Litólico, grande parte em relevo ondulado a forte – como o caso da RPPN Fazenda das Almas e APA das Onças. De acordo com Santos (2017), esses solos são pouco evoluídos, rasos, pedregosos e com frequentes afloramentos de rochas. No semiárido brasileiro, ocorrem predominantemente em relevos movimentados e, por não possuírem características propícias ao cultivo intensivo, são preconizados para a preservação da flora e fauna.

Apesar das diferentes escalas dos mapas, observou-se a correlação entre Neossolos Litólicos e rochas graníticas, sobretudo em suítes intrusivas que afloram na superfície. Esta relação indica a necessidade de realizar estudos detalhados sobre a distribuição, caracterização e classificação dos solos em níveis categóricos mais elevados para subsidiar ações de conservação da Caatinga. A correlação entre afloramentos rochosos e fragmentos-chave também é identificado ao analisar a geologia da região, onde UCs apresentam unidades litoestratigráficas comuns (Figura 4).

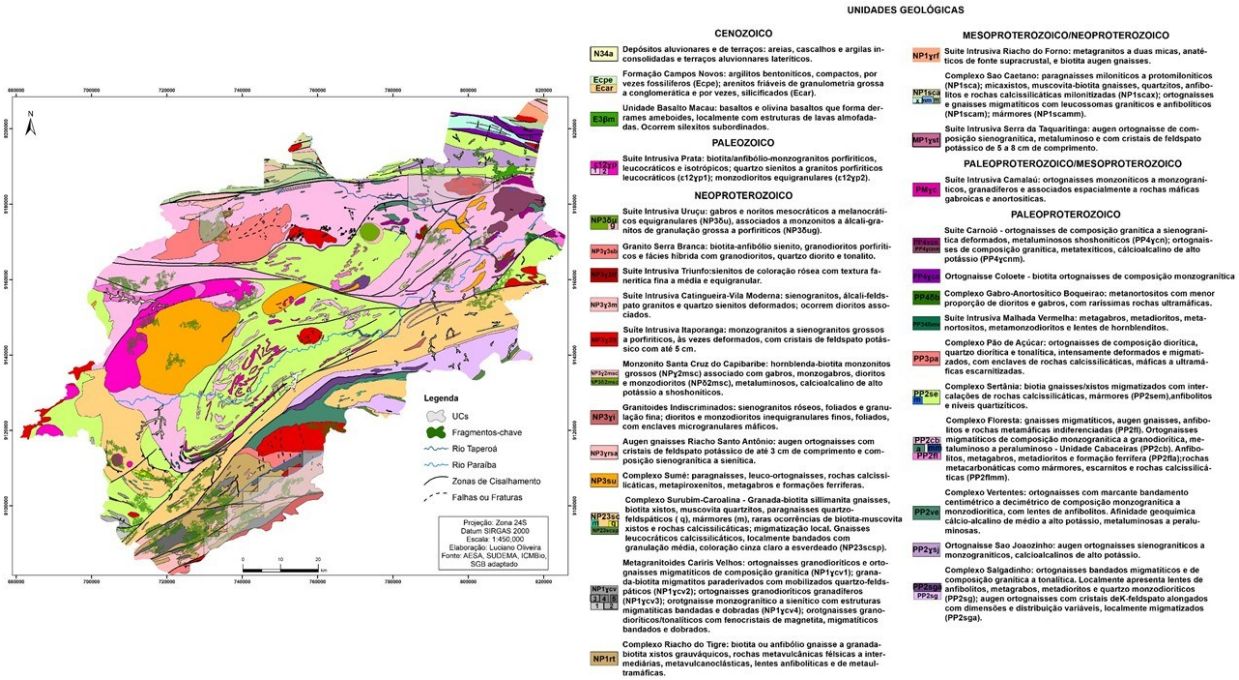


Figura 4 – Mapa Geológico da área de estudo sobreposto aos fragmentos-chave, UCs e principais rios intermitentes da área de estudo.
Fonte: autores (2026).

Nota-se que a APA das Onças e a APA do Cariri compartilham a ocorrência de corpos plutônicos, representados pela Suíte Intrusiva Itaporanga. A mesma unidade é identificada na Serra da Engabelada, afloramento rochoso no município de Congo com formato mais arredondado, onde abrigam pequenos remanescentes de Caatinga Densa não destacados pelo IIC. Na RPPN Fazenda das Almas, os fragmentos de maior IIC também estão associados ao maciço do Granito Serra Branca; e em todos os casos, há ocorrência do Neossolo Litólico.

Também é possível observar que em áreas de rochas metassedimentares há menor presença dos fragmentos-chave. No Complexo Sertânia, por exemplo, algumas manchas de Caatinga Densa – destacadas ou não pelo IIC – estão claramente associadas aos granitoides que se sobressaem na paisagem, com feições alongadas ou arredondadas formadas pela Suíte Intrusiva Camalaú e cristas formadas pelo Complexo Floresta Ortognaisse Cabaceiras, que acompanham zonas de cisalhamento, falhas e/ou fraturas.

Na compartimentação geomorfológica da Bacia do Alto Curso do Rio Paraíba apresentada por Rodrigues e Lima (2020), estas áreas correspondem a Maciços Remobilizados do Domínio da Zona Transversal com cristas simétricas e *inselbergs*, caracterizados pela presença de Neossolos Litólicos recobertos por caatinga arbustiva e subarbustiva densa, onde há prática de pecuária extensiva. Este cenário ressalta a necessidade em estabelecer boas práticas agropecuárias, inclusive de subsistência; e sempre que possível, restringir o acesso dos animais aos ambientes preservados.

Na região de estudo, o mapa de declividade e o MDE demonstram que as áreas com maiores elevações e declividades mais acentuadas correspondem aos menores valores de TWI, ou seja, são áreas com menor acúmulo de umidade e de sedimentos – o que é compatível com as unidades litoestratigráficas constituídas por rochas cristalinas. Nas encostas ocorre a transição dos valores de TWI, onde inicia o acúmulo de sedimentos em nítida relação com falhas e/ou fraturas geológicas (Figura 5); até atingir os maiores valores do índice em áreas correspondentes a aluviões dos rios efêmeros ou intermitentes.

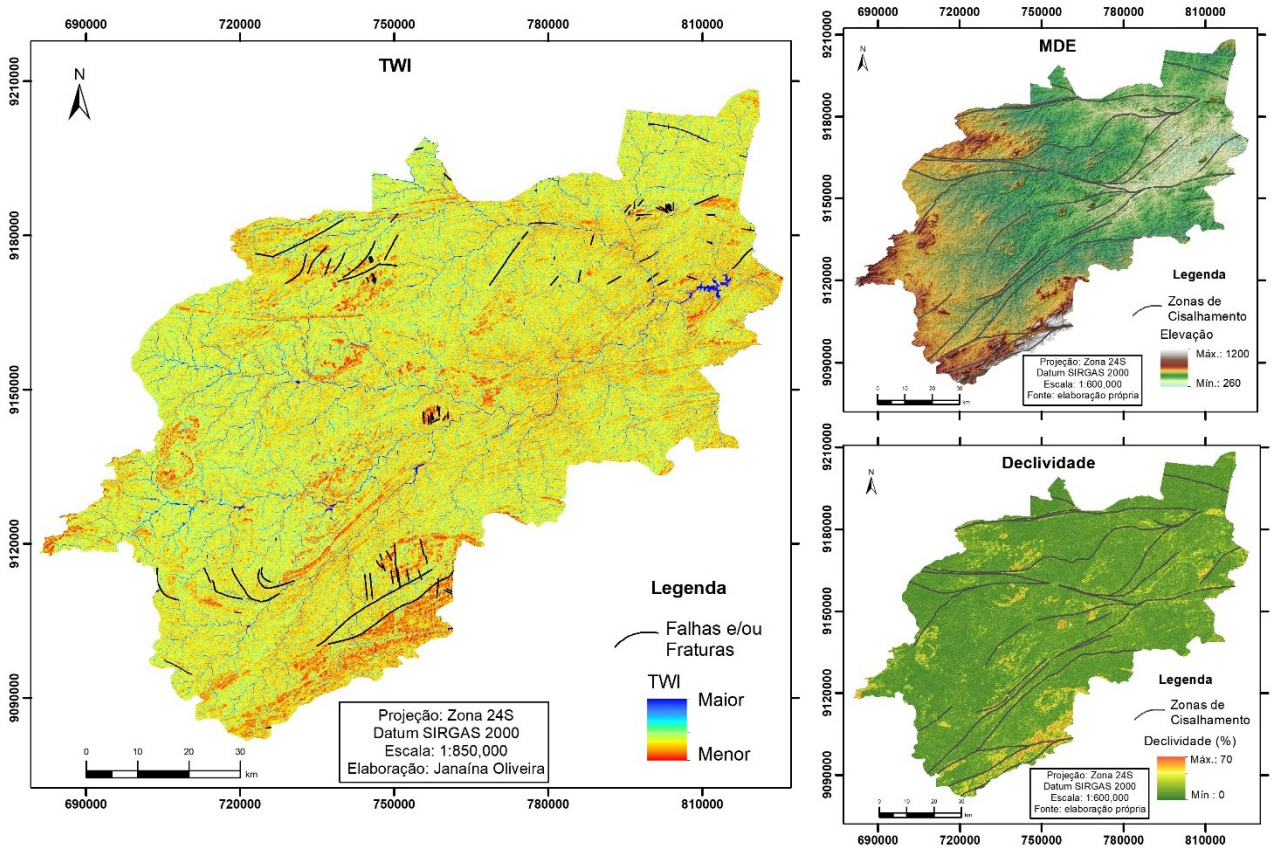


Figura 5 - Índice Topográfico de Umidade, Modelo Digital de Elevação e mapa de declividade na área de estudo. Fonte: autores (2026).

Ao rever as figuras 4 e 5, nota-se claramente o paralelismo entre os lineamentos de altos topográficos e as zonas de cisalhamento, que abarcam grandes extensões associadas a rochas graníticas. Estas áreas são mais resistentes na paisagem, onde as condições edáficas, litológicas e topográficas tornam-se favoráveis para a manutenção de fragmentos de Caatinga Densa e restringem naturalmente as ações antropogênicas, concentradas nas regiões mais baixas em terrenos sedimentares, onde há maior acúmulo de sedimento e de umidade.

Estes resultados evidenciam que os componentes geoambientais analisados se tornam favoráveis à manutenção dos fragmentos de Caatinga Densa. Conforme Vasconcelos e Souza (2018), a influência topográfica e o controle orográfico determinam a distribuição de umidade da paisagem, onde as áreas mais altas são responsáveis pelo escoamento superficial e correspondem às zonas de produção de sedimentos – apesar de apresentarem enclaves subúmidos em virtude da variação de altitude e do volume de precipitação. Por sua vez, nas encostas ocorre o escoamento em subsuperfície, até que a deposição de sedimentos e umidade atinja o ápice nas margens dos rios.

Complementarmente, as formas dos relevos residuais associados à saprolitização e meteorização, principalmente as bacias de dissolução e caneluras – tais como apresentados por Maia e Nascimento (2018) – são aqui consideradas representações fractais das estruturas geológicas identificadas em escala regional. Assim, na perspectiva de paisagem, pode-se considerar que os lineamentos de altos topográficos e as zonas de cisalhamento são regiões potenciais para formação de corredores ecológicos na Caatinga.

Segundo Pereira e Cestaro (2016), os projetos pioneiros de corredores ecológicos no Brasil adotaram critérios eminentemente funcionais para estabelecer redes de conexão entre as UCs existentes. No entanto, eles direcionavam a seleção de áreas potenciais para conservação, sem indicar as melhores possibilidades de conexões entre remanescentes nativos – onde emergem potencialidades e conflitos diante os interesses conservacionistas e econômicos.

Em escala regional, os corredores ecológicos são considerados unidades estratégicas de planejamento e ordenamento do território, que devem integrar as áreas utilizadas pela população humana, garantir o desenvolvimento sustentável e assegurar a conservação da natureza (HERRMANN, 2011). O envolvimento dos atores locais no território é essencial para minimizar possíveis conflitos de interesses nos usos da terra.

Neste sentido, as Reservas Legais exercem importante papel na formação de corredores, pois referem-se às áreas de propriedades rurais destinadas para reabilitar processos ecológicos e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais. Na Caatinga, elas representam 20% do imóvel rural, destinados à conservação da biodiversidade, ao uso sustentável dos recursos naturais ou reabilitação de processos ecológicos. Mas a regularização das RLs ainda é um desafio na gestão ambiental, sobretudo na validação dos imóveis cadastrados pelos órgãos ambientais e a regularização de passivos.

As matas ciliares também podem contribuir com a conectividade ecológica entre remanescentes de vegetação nativa; porém foram desconsideradas no presente trabalho devido ao padrão de distribuição da classe Mata Exótica. Apesar de representarem apenas 2,90% da área de estudo, a espécie invasora é encontrada próximas de açudes e às margens de cursos d'água intermitentes e efêmeros, o que dificulta a viabilidade na formação de corredores vinculados a esses ambientes e alerta sobre a ausência de instrumentos legais de proteção e manejo das matas ciliares na Caatinga,.

Assim, a proposta de conectividade desse trabalho se embasou em grandes estruturas geológicas que permeiassem a matriz para integrar as UCs e fragmentos destacados pelo IIC. Justifica-se o uso das zonas de cisalhamento pela linearidade bem definida dessas estruturas geológicas, sendo também identificada a relação do paralelismo entre os lineamentos topográficos.

Devido a heteregoneidade da matriz e o isolamento de fragmentos de Caatinga Densa, foi considerado um *buffer* de 1,5km viabilizar possível conectividade funcional entre os fragmentos e reservas legais próximas ou sobrepostas aos lineamentos topográficos, zonas de cisalhamento e áreas com menores valores de TWI na proposta dos corredores estruturais da paisagem em escala regional (Figura 6).

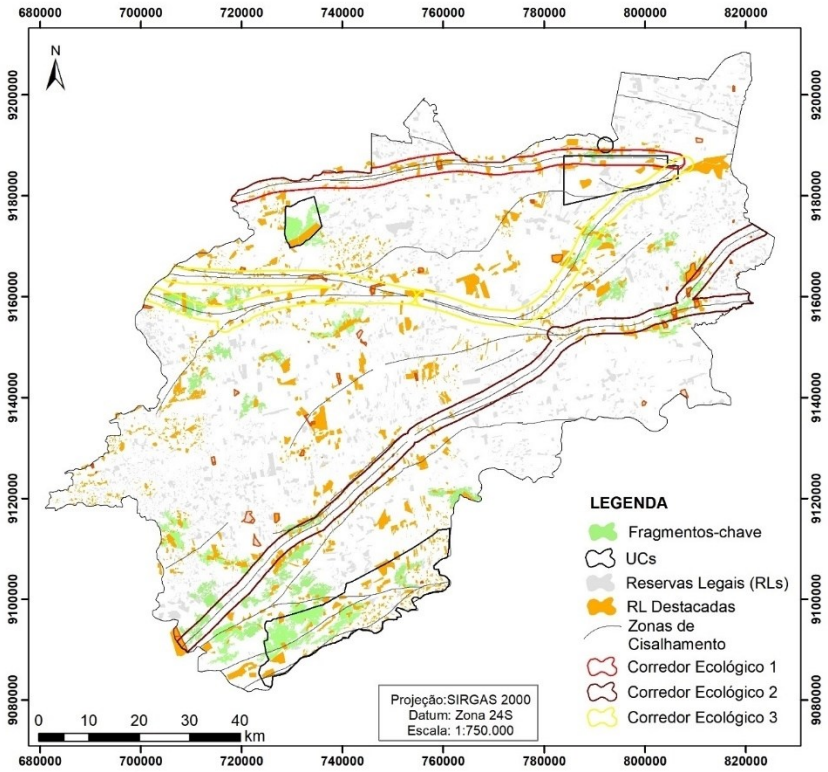


Figura 6 - Reservas Legais e Corredores Ecológicos destacados para conectividade estrutural no Cariri Paraibano.

Fonte: os autores (2026).

Além do conhecimento técnico-científico, a delimitação dos corredores deve envolver processos participativos para, então, serem criados em atos normativos. Meiado et al. (2020) consideram que as características peculiares existentes na relação entre a sociedade com o meio podem influenciar diretamente a conservação da Caatinga. Neste caso, o envolvimento da população pode auxiliar na efetividade da criação dos corredores enquanto medidas efetivas para evitar o avanço das áreas susceptíveis à desertificação, ampliar boas práticas agropecuárias e potencializar ações recuperação das Reservas Legais e de criação de novas UCs.

4. Considerações finais

Sob a perspectiva da Ecologia de Paisagens, os resultados demonstram que Caatinga Rarefeita é predominante na área de estudo. A Mata Exótica, apesar de pouco representativa em área, apresenta um padrão de distribuição que dificulta a criação de corredores ecológicos nas matas ciliares, pois a algaroba tende a ocupar as margens rios e drenagens. Assim, a modelagem da conectividade foi resultante do IIC aplicado para a Caatinga Densa, não sendo identificados fragmentos-chave que permeassem pela matriz.

O isolamento dessa classe foi evidenciado nos dois cenários adotados. Para a distância de até 1,5km, os fragmentos-chave do IIC se concentram na porção sul da região do Cariri Paraibano; e quando ampliada para até 7,5km, fragmentos a noroeste e a leste da área de estudo passam a ser incluídos como relevantes para conectividade estrutural.

A análise também incorporou os componentes geoambientais da região, sendo possível concluir que o paralelismo entre os lineamentos de altos topográficos e as zonas de cisalhamento tornam-se elementos facilitadores para a formação dos corredores ecológicos da região do Cariri Paraibano. A proposta de conectividade estrutural aqui apresentada foi embasada na teoria dos fractais, onde feições geomorfológicas dos relevos residuais se repetem na escala regional, representadas pelas estruturas geológicas.

Enquanto instrumento de planejamento capaz evitar o isolamento de UCs e promover a conectividade entre fragmentos de remanescentes nativos de vegetação, as diretrizes aqui apresentadas para formação dos corredores ecológicos devem

ser vistas como um subsídio para investigações mais detalhadas no âmbito das ciências da natureza, com levantamentos biológicos, geomorfológicos e pedológicos integrados aos aspectos socioculturais e econômicos.

Agradecimentos

Agradecemos a parceria do laboratório de Dinâmicas Ambientais e Geoprocessamento da UERJ-FFP com com aplicações do software *Definiens eCognition* e apoio dos Laboratórios de Estudos do Semiárido (LAESA) e de Ensino, Projetos e Pesquisa em Análise Especial (LEPPAN) da UFPB para aplicação das métricas de paisagem.

Referências

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. *Dados meteorológicos*. Disponível em: https://www.aesa.pb.gov.br/chuvas/. Acesso em 09 de agosto de 2019.

Antongiovanni, M.; Venticinque, E. M.; Fonseca, C. R. Fragmentation patterns of the Caatinga drylands. *Landscape Ecology*, v. 33, 1353-1369, 2018.

Correa, A. C. B.; Tavaes, B. A. C.; Monteiro, K. A.; Cavalcanti, L. C. S.; Lira, D. R. Megageomorfologia e Morfoestrutura do Planalto da Borborema. *Revista do Instituto Geológico*, v. 3, n. 1/2, 35-52, 2010.

CPC – Climate Prediction Center. *El Niño/Southern Oscillation (Enso).* Disponível em: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc.shtml. Acesso em 09 de agosto de 2019.

Haddad, N. M.; Brudvig, A.; Clobert, J.; Davies, K. F.; Gonzalez, A.; Holt.; R. D.; Lovejoy, T. E.; Sexton, J. O.; Austin, M. P.; Collins, C. D.; Cook, W. M.; Damschen, E. I.; Ewers, R. M.; Foster, B. L.; Jenkis, A. J.; King, A. J.; Laurance, W. F.; Levey, D. J.; Margules, C. R.; Mebourne, B. A.; Nicholls, A. O.; Orrock, J. L.; Song, D. X.; Townshend, J. R. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, v. 1, n. 2, e1500052, 2015.

Herrmann, G. *Incorporando a teoria ao planejamento regional da conservação*: a experiência do Corredor Ecológico da Mantiqueira. Belo Horizonte: Valor Natural, 2011. 228p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados do Brasil. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/ . Acesso em 20 de junho de 2025.

Lages, G. A.; Marinho, M. S.; Nascimento, M. A. L.; Medeiros, V. C.; Dantas, E. L. Geocronologia e aspectos estruturais e petrológicos do Pluton Bravo, Domínio Central da Província Borborema, Nordeste do Brasil: um granito transalcalino precoce no estágio pós-colisional da Orogênese Brasiliana. *Brazilian Journal of Geology*, v. 46, n. 1, 41-61, 2016.

Lages, G.A.; Ferreira, R.V.; Meneses, L.F. Nascimento, M.A.L.; Fialho, D. Geoparque Cariri: proposta. Serviço Geológico Brasileiro – *CPRM*, 2018. 59f.

Lessa, T.; Santos, J.W.; Correia, R.A.; Ladle, R.J.; Machado, A.C.M. Known unknowns: Filling the gaps in scientific knowledge production in the Caatinga. *PLoS ONE*, v.14, n. 7, 1-12, 2019.

Lima, F.S.; Almeida, N.V. Dinâmica espaço-temporal da cobertura vegetal na Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri, Paraíba-PB, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 3, 699-721, 2017.

Lima, N.E.; Carvalho, A.A.; Lima-Ribeiro, M.S.; Manfrin, M.H. Caracterização e história biogeográfica dos ecossistemas secos neotropicais. *Rodriguésia*, v. 69, n. 4, 2209-2222, 2018.

Lima, V. R. P.; Seabra, V. S.; Xavier, R. A.; Dornellas, P. C. Análise do Padrão Espacial do Uso e Cobertura do Solo e da Fragmentação e Conectividade da Vegetação no Semiárido do Nordeste Brasileiro: Bacias Dos Rios Taperoá e Alto Paraíba-PB. *Revista de Estudios Andaluces*, n. 37, 25-49, 2019.

Maia, R.P; Bezerra, F.H.R.; Sales, V.C. Geomorfologia do Nordeste: Concepções clássicas e atuais acerca das superfícies de aplainamento Nordestinas. *Revista de Geografia*, v. especial VIII SINAGEO, n. 1, 6-19, 2010.

Maia, R. P.; Nascimento, M. A. L. Relevos Graníticos do Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n.2, 373-389, 2018.

Meiado, M.V.; Rafael, L.M.; Castro, R.A.; Rodrigues, R.G. Challenges ans perspectives for recovering socioecological systems in the Caatinga, a brazilian tropical dry forest. In: PINTO, S.R.R.; SANTOS, F.C.; PRESCOTT, C. (Org.). *Forest Landscape Restoration and Social Opportunities in the Tropical World*, 2020, p. 125-158.

Moro, M.F.; Silva, I.A.; Araújo, F.S.; Lughadha, E.N.; Meagher, T.R.; Martins, F.R. The Role of Edaphic Environment and Climate in Structuring Phylogenetic Pattern in Seasonally Dry Tropical Plant Communities. *PLoS ONE*, v. 10, n. 3, 1-18, 2015.

Oliveira, J. S., Lima, E.R.V., Souza, B.I., Seabra, V.S., Santos, M.P. Sentinel-2/MSI images and Geobia methodology in mapping land use and land cover in a seasonally dry tropical forest area in Brazil. *Ra'e Ga: O Espaço Geográfico Em Análise*, v. 59, 3–22, 2024.

Paese, A.; Uezu, A.; Lorini, M. L.; Cunha, A. *Conservação da Biodiversidade com SIG*. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 240 p.

Pereira, V.H.P.; Cestaro, L.A. Corredores ecológicos no Brasil: avaliação sobre os principais critérios utilizados para definição de áreas potenciais. *Caminhos da Geografia*, v. 17, n. 58, 16-33, 2016.

Pomianowski, W.; Solon, J. Modelling patch mosaic connectivity and ecological corridors with GraphScape. *Environmental Modelling and Software*, v. 134, 1-12, 2020.

Rodrigues, J.M.D.; Lima, E.R.V. Compartimentação Geomorfológica da Bacia do Alto Curso do Rio Paraíba-PB. *Revista Equador (UFPI)*, v. 9, n. 3, 100-120, 2020.

Santos, J.C.; Leal, I.R.; Almeida-Cortez, J.S.; Fernandes, G.W.; Tabarelli, M. Caatinga: the scientific neglicence experienced by a dry tropical forest. *Tropical Conservation Science*, v. 4, n.3, 276-286, 2011.

Santos, M.C. *Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades*. Recife: EDUFRPE, 2017, 60p.

Saura, S.; Rubio, L. A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. *Ecography*, v. 33, 523-537, 2010.

Silva, A.C.; Souza, A.F. Aridity drives plant biogeographical sub regions in the Caatinga, the largest tropical dry forest and woodland block in South America. *PLoS ONE*, v. 13, n. 4, 1-14, 2018.

Souza, B. I.; Artigas, R. C.; Lima, E. R. V. Caatinga e Desertificação. *Mercartor*, v. 14, n. 1, 131-150, 2015.

Vasconcelos, J.O.; Souza, J.O.P. Classificação de Unidades de Paisagem em Bacia Hidrográfica Semiárida – uma abordagem do Índice Topográfico de Umidade. *Revista Contexto Geográfico*, v. 3, n. 6, 66-76, 2018.

Ward, M., Saura, S., Williams, B. Ramírez-Delgado, J.P.; Arafeh-Dalmau, N.; ALLAN, J.R.; Venter, O.; Dubois, G.; Watson, J.E.M. Just ten percent of the global terrestrial protected area network is structurally connected via intact land. *Nat Commun*, v. 11, n. 4563, 2020.

Zoilkowska, E.; Ostapowicz, K.; Radeloff, V. C.; Kuemmerle, T. Effects of different matrix representations and connectivity measures on habitat network assessments. *Landscape Ecology*, n. 29, 1551-1570, 2014.