

DAS PAISAGENS DE EXCEÇÃO A GEODIVERSIDADE NO MOSAICO DE CARAJÁS, AMAZÔNIA ORIENTAL

*FROM EXCEPTIONAL LANDSCAPES TO GEODIVERSITY IN THE CARAJÁS MOSAIC, EASTERN
AMAZON*

*DE PAISAJES EXCEPCIONALES A LA GEODIVERSIDAD EN EL MOSAICO CARAJÁS, AMAZÔNIA
ORIENTAL*

<https://doi.org/10.26895/geosaberes.v15i0.1343>

ABRAÃO LEVI DOS SANTOS MASCARENHAS ^{1*}
MARIA RITA VIDAL ²
RAILSON LUZ SANTOS ³

¹ Professor da Faculdade de Geografia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará.
Campus Marabá, Folha 31, Quadra 07, Lote Especial, s/nº, Nova Marabá, CEP: 68507-590, Marabá (PA), Brasil,
abraaolevi@unifesspa.edu.br, <http://orcid.org/0000-0003-0546-8836>

*Autor correspondente

² Professora da Faculdade de Geografia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará.
Campus Marabá, Folha 31, Quadra 07, Lote Especial, s/nº, Nova Marabá, CEP: 68507-590, Marabá (PA), Brasil,
ritavidal@unifesspa.edu.br, <http://orcid.org/0000-0002-3392-3624>

³ Graduando em Geografia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará.
Campus Marabá, Folha 31, Quadra 07, Lote Especial, s/nº, Nova Marabá, CEP: 68507-590, Marabá (PA), Brasil,
railsonluz@unifesspa.edu.br, <http://orcid.org/0009-0001-9425-5463>

Histórico do Artigo:
Recebido em 15 de Maio de 2024.
Aceito em 09 de Junho de 2024.
Publicado em 09 de Junho de 2024.

RESUMO

A região Amazônica é conhecida por sua expressiva biodiversidade, porém geodiversidade foi por muito tempo subestimada. Relacionar fatores ecológicos (refúgios), corológicos e geográficos permite apresentar a importância da análise integrada para os estudos da potencialidade dos serviços geossistêmicos oferecidos pelo patrimônio geodiverso. O local escolhido para as questões empíricas foi o mosaico de Unidades de Conservação de Carajás, situada no sudeste do Pará. A cartografia ambiental e as técnicas geoinformativas permitiram caracterizar cinco índices de geodiversidade em escala de 1:30.000 demonstrando que 55% da área tem índices de alta à moderadamente alta geodiversidade. As demais áreas apresentam bons índices, que permitem afirmar a importância das políticas ambientais para o mosaico Carajás.

Palavras-chave: Amazônia. Geodiversidade. Unidades de Conservação.

ABSTRACT

The Amazon region is known for its significant biodiversity, but geodiversity was underestimated for a long time. Relating ecological (refuges), chorological and geographic factors makes it possible to present the importance of integrated analysis for studies of the potential of geosystemic services offered by geodiverse heritage. The location chosen for the empirical questions was the mosaic of conservation units of Carajás, located in the southeast of Pará. Environmental cartography and geoinformative techniques made it possible to characterize five geodiversity indices on a scale of 1:30.000, demonstrating that 55% of the area has indices high to moderately high geodiversity. The other areas have good indexes, which allow us to affirm the importance of environmental policies for the Carajás mosaic.

Keywords: Amazon. Geodiversity. Conservation Units.

RESUMEN

La región amazónica es conocida por su importante biodiversidad, pero la geodiversidad fue subestimada durante mucho tiempo. Relacionar factores ecológicos (refugios), corológicos y geográficos permite presentar la importancia del análisis

integrado para estudos del potencial de los servicios geosistémicos que ofrecido el patrimonio geodiverso. El lugar elegido para las cuestiones empíricas fue el mosaico de Unidades de Conservación de Carajás, ubicado em el sureste de Pará. La cartografía ambiental y técnicas geoinformativas permitieron caracterizar cinco índices de geodiversidad en una escala de 1:30.000, demostrando que el 55% del área tiene tasas de geodiversidad altas a moderadamente altas. Las demás áreas tienen buenos índices, lo que permite afirmar la importancia de las políticas ambientales para el mosaico de Carajás.

Palabras clave: Amazonas. Geodiversidad. Unidades de Conservación.

INTRODUÇÃO

As paisagens físicas da floresta amazônica são biogeodiversas das quais muitas pesquisas apontam para o avanço do conhecimento e lacunas que precisam ser dirimidas para que possamos pensar um futuro sustentável para suas populações.

A teoria dos refúgios foi um marco importante dos estudos ecológicos na região, propõe-se que a teoria da geocologia e das concepções de geodiversidade se encaixam como propostas metodológicas para compreensão dos fatos geográficos e ecológicos no mosaico de Carajás.

Inserida no Domínio Morfoclimático Amazônico, ou Terras Baixas Florestadas Equatoriais descrita por Ab'Saber (1969), na região de Carajás existem enclaves de vegetação de Cerrado e ainda apresenta vegetação exótica em relação às florestas nos bordos e altos do platô da Serra de Carajás (AB'SABER, 2004).

No topo da Serra de Carajás, existem grandes clareiras com formações rupestres bastante arcaicas, testemunhas de uma vegetação que antecedeu as principais fases de expansão das coberturas florestadas amazônicas, que Ab'Saber (1969) descreve como paisagem de exceção em formas de ilhas ou manchas de paisagem “exóticas”.

Localizada no sudeste do estado do Pará, Brasil, a região de Carajás compreende um conjunto de paisagens posicionadas em cotas altimétricas modestas, resultantes de longos períodos de rebaixamento das formas de relevo que marcaram a evolução geológico-geomorfológica de toda a Amazônia.

Os campos rupestres são áreas que escapam ao quadro paisagístico habitual do Domínio Morfoclimático Amazônico, ou seja, a floresta, compondo uma complexa rede de endemismos descrita por Carmo e Kamino (2015).

Ajustes nas atividades econômicas e cobertura do solo devem ser adaptadas aos atributos sistêmicos da paisagem – o retorno a valorização dos atributos sistêmicos, via soluções baseadas na natureza devem regular os geofluxos e proteger os serviços geossistêmicos, as políticas públicas devem ser pensadas no retorno a valoração não só da biodiversidade, mas também, da geodiversidade.

A presente seção busca associar elementos da geocologia e da geodiversidade como subsídio ao planejamento e a gestão dos recursos naturais no mosaico Carajás, seus aportes teóricos e conceituais são um convite a reflexão rumo a mudanças nas formas de agir sobre e na paisagem.

Dada a importância do complexo de Carajás para a manutenção dos serviços geossistêmicos as políticas de gestão territorial devem ser fortalecidas, essa busca estar intrinsecamente atrelada ao processo de governança institucional, esse aspecto é essencial para manter a regularidade dos serviços geossistêmicos. Paisagens de exceção tem caráter ecológico e aspectos físicos diferentes e/ou análogos dos padrões biogeográficos e geocológicos encontrados em áreas homogêneas de ecossistemas e biomas dos quais apresentam feições e fisionomias ímpares (AB'SABER, 2002).

METODOLOGIA

Tomamos como área de referência a Região de Carajás, espaço territorial de diferenciação espacial entre os interflúvios dos rios Xingu e Tocantins-Araguaia, conforme definição de

Monteiro e Silva (2021). A Região de Carajás corresponde, às regiões intermediárias de Redenção e Marabá (IBGE, 2017), e se configura como uma fração do bioma Amazônico, compreendendo um conjunto de paisagens posicionadas em cotas altimétricas modestas, resultantes de longos períodos de rebaixamento das formas de relevo que marcaram a evolução geológico-geomorfológica de toda a Amazônia.

Levantamento bibliográfico e produção cartográfica e análise espacial demonstram uma região diversa e, que guardam elementos primitivos da regulação dos sistemas ambientais e que servem de modelo para a gestão e controle das ações sobre o território.

Levando em considerações os aportes da teoria da geoecologia das paisagens que busca analisar, descrever e especializar padrões corológicos, ecológicos e geográfico lastreados pelas concepções de Bastian, Grunewald e Khoroshev (2015), Khoroshev (2020) e Rodriguez e Silva (2013) a presente seção buscou percorrer as ideias de Haffer (1969) sobre a teoria dos refúgios e sua importância na compreensão das mudanças ecológicas ocorridas na paisagem.

Dados do tipo vetoriais foram adquiridos junto ao portal BDIA/IBGE e no Geoback da CPRM, as ferramentas de geoprocessamento da plataforma Qgis 3.2x, um software Source bastante intuitivo e de fácil manuseio, serviu de apoio as técnicas geoinformativas.

O Mosaico de Carajás comporta cinco Unidades de Conservação Federal, entre elas, estão a de proteção integral a Reserva Biológica Tapirapé, e as demais são de uso sustentável como a Floresta Nacional de Carajás, Floresta Nacional Tapirapé-Aquiri, Floresta Nacional do Itacaiúnas e a Área de Proteção do Igarapé Gelado, apesar da denominação se bastante utilizada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da biodiversidade (ICMBio) esse mosaico ainda não foi instituído oficialmente havendo um movimento integrado entre os respectivos conselhos gestores de se tornar oficial.

Os cálculos de geodiversidade foram os mesmos usados em Mascarenhas e Vidal (2019), o mapa de geodiversidade teve sua resolução compatível com a escala de 1:30.000 contendo as cinco classes pré-estabelecidas, onde aplica-se valores de pesos seguindo a escala de importância (índices de geodiversidade) do geopatrimônio a partir das maiores marcas deixadas pela evolução da dinâmica expressa nas rochas. Os índices alcançados refletem valores em uma escala de alta importância a baixa importância, quanto maior importância científica e de raridade, detém-se os seguintes índices:

- Valor 5 - de alta importância;
- Valor 4 - de moderadamente alta;
- Valor 3 - para média importância;
- Valor 2 - para moderadamente baixa importância e;
- Valor 1 - para baixa importância.

A TEORIA DOS REFÚGIOS E OS FATOS GEOECOLÓGICOS

A teoria dos refúgios propagada por Haffer (1969) teve grande influência nos pressupostos dos domínios fitogeográficos e morfoclimáticos estabelecidos por Ab'Saber (1977). Os aspectos fisiográficos e ecológicos foram a grande contribuição à descrição das diferenciações paisagísticas encontradas em ambientes tropicais e subtropicais do Brasil.

Ao se deparar com flutuações climáticas no Pleistoceno e pós-Pleistoceno Haffer (1977) e Haffer e Prance (2002), admitiram que a floresta úmida passou por forte influência de climas secos tornando-se mais espaçada e adquirindo fisiografias de não-florestas. Esses mecanismos alteraram aspectos zoogeográficos de habitats de aves, répteis, mamíferos, os quais, se restringiram em espaços que guardavam características primitivas, cujo as condições possibilitaram os processos de especiações. De acordo Rocha e Kaefer (2019) a teoria do

refúgio tornou-se um modelo funcional que buscou explicar a diversificação de espécies em floresta.

A tentativa de incluir fatores biogeográficos, variabilidades climáticas e identificação de paleoambientes para além dos aspectos ecológicos permitiu a Haffer (1977) estabelecer conexões de mecanismos adaptativos de organismos a tais mudanças ambientais em período de climas secos na Amazônia, da qual foi possível explicar a origem da especiação e aumento da biodiversidade da região.

Assim, no início dos anos 2000 Haffer (2008) acrescenta que indicadores geológicos e geomorfológicos na região amazônica, tornaram-se importantes elementos abióticos capaz de reforçar a teoria dos refúgios durante o quaternário, ou seja, mudanças na vegetação aconteceram por conta dos vários pulsos climáticos alternados ora por períodos secos ora por períodos úmidos.

Utilizando elementos teóricos de ecossistemas de Tansley (1935) e de geografia global de Bertrand (1968) para cunhar o conceito de espaço total Ab'Saber (2006), levou em consideração as marcas das ações humanas (assinaturas antrópicas) sobre as alterações dos ecossistemas e, que abrangeria os ecossistemas não perturbados, cimentando um caminho promissor para análise corológica em vista das paisagens físicas como suporte biogeocológico.

A teoria dos refúgios está nas respostas ecogeográficas do mecanismo de mudança climática de uma tropicalidade pré-existente onde o padrão espacial da paisagem é altamente influenciado por estes mecanismos (VANZOLINI; WILLIAMS, 1981).

Aspectos como descarga fluviais, contribuições de materiais eluviais e eventos de combustão em ambientes florestais destacados por Connor (1986) são elementos que podem contribuir com as explicações de elevada especiação de biodiversidade na Amazônia em mudanças de períodos secos/úmido no pleistocênico e, que precisa ser levado em consideração.

Assim os postulados de Connor (1986) são pontos de inflexões para a teoria dos refúgios e que estudos mais detalhados das mudanças de padrões climáticos e o possível comportamento “estático” da biota deva ser questionado, ao passo que Rocha e Kaefer (2019) frisa que as novas pesquisas com dados polínicos e geológicos, ou seja, dados paleoecológicos e moleculares, realizam ajustes importantes para tornar a hipótese dos refúgio mais uma possibilidade de mudanças locais em períodos recentes mais também em longos períodos geológicos Bush (2005).

As mudanças dos fatores climáticos influenciando a cobertura vegetal foi apontado por Arruda et al., (2017) como um elemento discordante em relação aos postulados de Haffer (1969) pois com as flutuações climáticas permitiram retração de florestas úmidas e avanço de florestas da sazonais, do tipo savanas, apenas em áreas de contatos de biomas (ecótono), questões dessa natureza foi ressaltado por diversas vezes por Connor (1986), Colinvaux et al., (1996 e 1998), Colinvaux, Oliveira e Bush (2000).

As recentes contribuições de Arruda et al., (2017) sobre cobertura vegetal e mudanças climáticas no último máximo glacial ocorrido há 21 mil anos e a revisões de literaturas de Rocha e Kaefer (2019) são importantes comunicações científicas para retomadas das discussões e fortalecimento das pesquisas que envolvem a teoria dos refúgios como caminho inicial para apreensão das mudanças ambientais junto aos mecanismos impulsionadores de especiação da Amazônia.

As contribuições de Haffer e Ab'Saber são valiosos recursos científicos para pensar mosaicos de paisagens e suas diferenciações por meios de mecanismos climáticos, tectônicos e geomorfológicos. Assim, estruturas litológicas guardam os indicadores de movimentação como seus (re)arranjos cristalográficos e petrográficos, as formas de relevo acompanham as mudanças tectônicas e neotectônicas, as mudanças climáticas podem ser acompanhadas pelas diferentes idades geocronológicas e palinológicas, mas na atualidade qual os aspectos

associados aos processos, dinâmicas e funções geocológicas essas paisagens revelam? E ainda:

- Quais os elementos da paisagem física seriam capazes de serem apreendidos para pensar na contemporaneidade?
- Para os mosaicos paisagísticos quais fragilidades ecossistêmicas revelam?
- Como proteger os serviços geossistêmicos dessas paisagens que são herança e patrimônio cultural?

Acredita-se que a geocologia como recurso técnico-científico e como pressuposto de uma teoria científica aplicada à análise da paisagem contribui significativamente como o entendimento do funcionamento e dinâmica das paisagens em seu caráter espacial (corologia), ecológico (funcionamento ecossistêmico) e biogeográfico, pois a paisagem é tomada como complexo territorial natural sujeita a compartimentação de unidades geocológicas por meio das escalas e de recursos geoinformativo.

REPOSICIONANDO OS ESTUDOS DA GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS PARA ANÁLISE AMBIENTAL

Entende-se por Geoecologia a ciência que se preocupa com o estudo da Paisagem levando em conta o enfoque estrutural, funcional, evolutivo-dinâmico, histórico-antropogênico e integrativo da estabilidade e sustentabilidade (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2002), esses autores ao posicionarem a Geoecologia como ciência da paisagem irão considerá-la como sistema que contém e produz recursos, meio de vida e das atividades sociais que traz a estética ao natural sem deixar de envolver a paisagem como laboratório natural.

A Geoecologia é uma ciência ambiental, de caráter multidisciplinar e sistêmico, orientada para as questões dos padrões e funções ambientais, formulada pela inter-relação de componentes e elementos naturais, concentra sua análise nas mudanças ambientais, respondendo como as paisagens interagem com processos físicos naturais e as ações humanas (VIDAL e SILVA, 2021; VIDAL e MASCARENHAS, 2020).

A busca de integrar aspectos ecológicos e geográfico nos permite apreender a paisagem em seu caráter físico, já que elementos ecossistêmicos e corológicos representam a dinâmica sistêmica da paisagem.

A potencialidade metodológica da geoecologia para compreensão dos serviços geossistêmicos, nos últimos anos, vem ganhando força por parte do planejamento territorial que visa a compreender como a geodiversidade deve ser incorporada como elemento importante da sustentabilidade ambiental de formar a torná-la tão importante quanto a biodiversidade.

De caráter mais abrangente Rodriguez e Silva (2013), afirmam a paisagem como sistema natural, da qual apresenta a função de produção, suporte e regulação com base nestas características é possível pensar o planejamento ambiental.

Posicionar a geoecologia nos aportes do planejamento é acima de tudo combinar aspectos da dinâmica física e os objetivos da preservação e conservação dos serviços ecossistêmicos.

Sobre os aspectos da escala e da cartografia de paisagem, o entendimento dos aspectos estruturais e funcionais da paisagem são delimitados, na sequência permite analisar padrões heterogênicos que possam ser agrupados em paisagens homogêneas – as ditas unidades de paisagens (BASTIAN; GRUNEWALD; KHOROSHEV, 2015; KHOROSHEV, 2020).

As unidades de paisagem podem ser classificadas por meio das escalas espaciais e/ou critérios de dimensões. Rodriguez, Silva e Cavalcanti, (2022) falam de sistemas territoriais administrativos que estão associados a um país, estado/região econômica, grupos de distritos,

região administrativa, povoados, cidades e localidades. Nas escalas de grandezas podem estar entre 1:5.000000 e 1:2000 até escalas maiores.

Apoiada por sistemas geoinformativos, a saber os sistemas de informações geográficas e a ciência da informação geográfica, a cartografia de paisagem é capaz de análises espaciais precisas da superfície e cobertura do solo, o uso do Sistema de Informação Geográfica é infinitamente variado, a potência da ferramenta auxiliada pela metodologia geoecológica, traz agilidade e confiabilidade nos produtos cartográficos.

As geotecnologias (softwares, sistemas de posicionamento global/GPS, imagens de satélites, cenas de radar, cenas de drone, geoprocessamento, etc), devem ser utilizadas para análise e decisões espaciais, mas isso não significa que temos menos autonomia para decidir os rumos de nossas ações, muito pelo contrário, ela, nos torna mais preparados para fortalecer nossas ações no território.

Com vista em uma cartografia geoecológica na região de Carajás, Vidal, Silva e Mascarenhas (2022) propuseram dois sistemas ambientais (sistema florestal e sistemas ferruginosos), quatro unidades funcionais (emissoras, transmissoras, acumuladoras e reguladoras) e quatro unidades geoecológicas (Patamares e encostas com florestas ombrófila densa; Patamares e encostas com floresta ombrófila aberta; depressões com áreas de recuperação e platô com campo rupestre herbáceos/arbustivo), os critérios utilizados foram os gradientes topográficos com aspectos geológicos e geomórficos e a cobertura vegetal como elemento de lentas mudanças e variabilidades em longo tempo.

Paisagens físicas são herança de processos pretéritos e eventos recentes, os geofatores trazem assinaturas de eventos climáticos e tectônicos, assim, as mudanças climáticas ocorridas nos últimos 18 mil anos marcam a recente mudança de florestas abertas do tipo savanas para florestas ombrófilas – mas que, fragmentos florestados permanecem em forma de redutos/relíquias florestadas em pleno bioma amazônico (AB'SABER, 2004).

Então aspectos climáticos e tectônicos são drives ambientais que comandaram as mudanças recentes nas paisagens físicas onde as marcas são reveladas nas estruturas e funcionamento da paisagem, compondo esse quadro geoecológico temos a geodiversidade como suporte aos serviços ecossistêmicos que precisam ser melhor analisados (VIDAL; SILVA, 2021; MASCARENHAS; VIDAL, 2023).

As paisagens de exceção da Serra dos Carajás, já estudadas por Vidal e Mascarenhas (2020), podem ser pontuadas pelas unidades de paisagens em ambientes de Platô recoberto por feições residuais situadas a altitudes de mais de 700 metros, esses relevos planos foram esculpido por intensos processos de dissecação onde apresentam topos aplainados, assim a característica fitogeográfica é indivíduos arbustivos rupestre apresentam-se serviços geossistêmicos do tipo emissores, já que as áreas emissoras mantêm os fluxos de matéria e energia para o restante das áreas, e geralmente encontram-se em níveis mais elevados, retêm e distribuem geofluxos hídricos, sedimentológicos e de biomassa.

- Geofluxos hídricos e formação de sedimentos: se comportam com drenagem intermitentes associadas a falhas de fraturas do material litológico em minério de ferro, a formação de ambientes lacustres ajuda no processo de dissecação e dissoluções, muitíssimas lendas, das rochas, esse comportamento pode ser visto a partir das feições de dissoluções em formas arredondadas como em fragmentos de cangas nodular, aporte pluviais e pelas variações de temperaturas destina-se a direcionar partículas úmidas para eventos pedogenéticos, as águas infiltram-se em falhas rochosas e iniciação processos dissoluções para construção de geofomas, como as cavidades naturais, quedas d'águas e lagoas sazonais e intermitentes.

- Geofluxos em biomassa: a fauna e flora são os elementos que dispõem de biomassas a diversidade paisagística sua interação com a radiação, solo e água cria um ambiente altamente reciclador de componentes como recursos hídricos, gás carbônico, nitrogênio – mesmo as florestas de formação aberta podem oferecer serviços geossistêmicos a uma biodiversidade fortemente dependente do equilíbrio geocológico contidos em saprólitos, humus, água e temperatura, de outra maneira podem revelar a importância das florestas para o sequestro de carbono e demais serviços ambientais.

A geodiversidade paisagística como reflexo das interações sistêmicas entre geofluxos hídricos e em biomassa demonstram uma formação estrutural e funcional, ou seja, havendo mudanças no padrão das formações estruturo-funcional da paisagem todos os atributos inerentes a paisagem irão ser modificados, daí a importância de compreender, além dos mecanismo que comportam a estrutura e o funcionamento da paisagem, é urgente compreender o real papel da geodiversidade em oferecer rico serviços ambientais.

Entre os serviços ecossistêmicos Mascarenhas e Vidal (2023) pontuam a regulação; provisão; formação; ciclagem; polinização; controle; abrigo; produção de alimentos, demonstram a complexidade inserida na formação das paisagens, permitindo avaliar se é possível compensá-los por soluções técnicas artificializadas pela sociedade, ou seja, dimensionar qual seria o custo social de substituir o capital natural pelo capital não natural.

Os serviços geossistêmicos, para Ree e Beukering (2016), podem ser abordados pelo ecossistema-terra com sua estrutura, processo e funcionamento oferecendo serviços capaz de melhorar o bem-estar humano dotado de valor econômico e potencialidades ofertadas pelos serviços ambientais.

Depósitos de materiais quartzosos e cobertura pedológicas do tipo carapaças ferruginosas e ambientes lateríticos em geral são assinaturas ambientais importante no contexto das variabilidades climáticas onde pulsos de umidade e estiagem prolongadas revelam paisagens revestidas por infinidades de cobertura vegetal como as savanas, campinaranas, florestas ombrófilas abertas e ecótono, assim muitas outras associações podem ser realizadas.

Estudos na porção Sudeste do estado do Pará revelam tais variações geocológicas das quais a geodiversidade começa a ser apresentada Vidal et al., (2022).

A serra da Bocaina localizada na região de Carajás apresenta uma boa síntese dos geofatores da pedodiversidade, onde elementos climáticos, geomorfopedológicos e hidrológicos são visíveis na paisagem, podendo ser encontrados no mosaico de unidades de conservação de Carajás.

Estudos, em geoeologia, no mosaico de Carajás foram realizados por Inácio, Silva e Vidal (2021) para a Floresta Nacional de Carajás e por Vidal e Mascarenhas (2020) no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, já revelam forte proximidade com a teoria dos refúgios ao associar dinâmicas ambientais pretéritas a origem de manchas de cerrado em florestas tropicais.

A GEODIVERSIDADE COMO FORTE INDUTOR E FERRAMENTA DE AÇÃO DA GESTÃO AMBIENTAL

O conceito clássico de geodiversidade pode ser compreendido como o conjunto dos atributos geológicos, geomorfológico, pedológicos (SHARPLES, 1993; GRAY, 2004, 2011; BRILHA, 2005, 2016).

Autores como Panizza (2001), Panizza e Piacente (2009) incluem os aspectos culturais e estéticos, em comum todos acreditam que aspectos valorativos, como raridade, cientificidade, vulnerabilidade/risco permite pensar na proteção e gestão do patrimônio geológico, Claudino-Sales (2021) inclui os aspectos climatodiversos e hidrodiversos para fortalecer os aspectos geográficos impressos nas paisagens e que muito auxiliam na análise do ambiente abiótico.

Mudanças ambientais físicas e climáticas são os pontos de partidas das análises das paisagens tropicais Gupta (2011; 1993). O entendimento da origem das paisagens bem como a compreensão da estrutura, processos, dinâmicas e formas dos elementos da geodiversidade ainda estão por se iniciar, contudo aspectos da geodiversidade aparecem como elementos precípuos da gestão ambiental.

Diferentes idades de formação geológica, com eventos tectônicos e neotectônicos, variabilidade climáticas auxiliam na gênese dos relevos e dos solos demonstram os mecanismos responsáveis pela diferenciação da cobertura vegetal nas florestas tropicais, ora com fisionomia densas, ora como fisionomias abertas, os seja, em ambientes florestais de matas ombrófilas é possível encontrar savanas em mais de 600 metros de altitudes.

Aspectos gerais da geodiversidade em seus elementos geológico, geomorfológico e pedológico formam a primeira síntese dos estudos na região do mosaico de Carajás, seus elementos como litologias, as geoformas e os aspectos pedológicos são a base da análise da multivariada dos elementos físicos que estruturam a geoecologia de terras altas com platô na borda leste da Amazônia (Figura 1).

Ao classificar a geodiversidade das unidades de conservação do Mosaico Carajás, aponta-se que existe significativa concentração da geodiversidade ao centro da área na Floresta Nacional de Carajás, ao sul da Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri e ao sul da Reserva Biológica de Tapirapé e em algumas áreas da Floresta do Itacaiúnas.

A Área de Proteção Ambiental do Igarapé Gelado, apresenta em quase toda sua totalidade índices de alta geodiversidade, grande parte de sua rede de drenagem é utilizada na lavagem de mineração (atividade com grande desenvolvimento na região), em se tratando de uma unidade de uso sustentável há forte desenvolvimento de agrossistemas.

No Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, aponta-se para um percentual de 29% de geodiversidade entre baixa e moderadamente baixa nas áreas de borda do mosaico. Essas áreas são formadas por materiais coluvionares, ecótopos e geoformas em tálus com ecossistemas bastante modificados por atividades agropecuárias, apresenta fragmentos de floresta ombrófila pouco conhecida, onde atividades extrativistas ainda são realizadas por povos originários.

Observa-se que 55% do mosaico de Carajás guarda alta riqueza de geopatrimônio, perfazendo um total de mais dois milhões e quatrocentos mil de km², essa soma é referente a índices de moderadamente alta e alta geodiversidade (Figura 2).

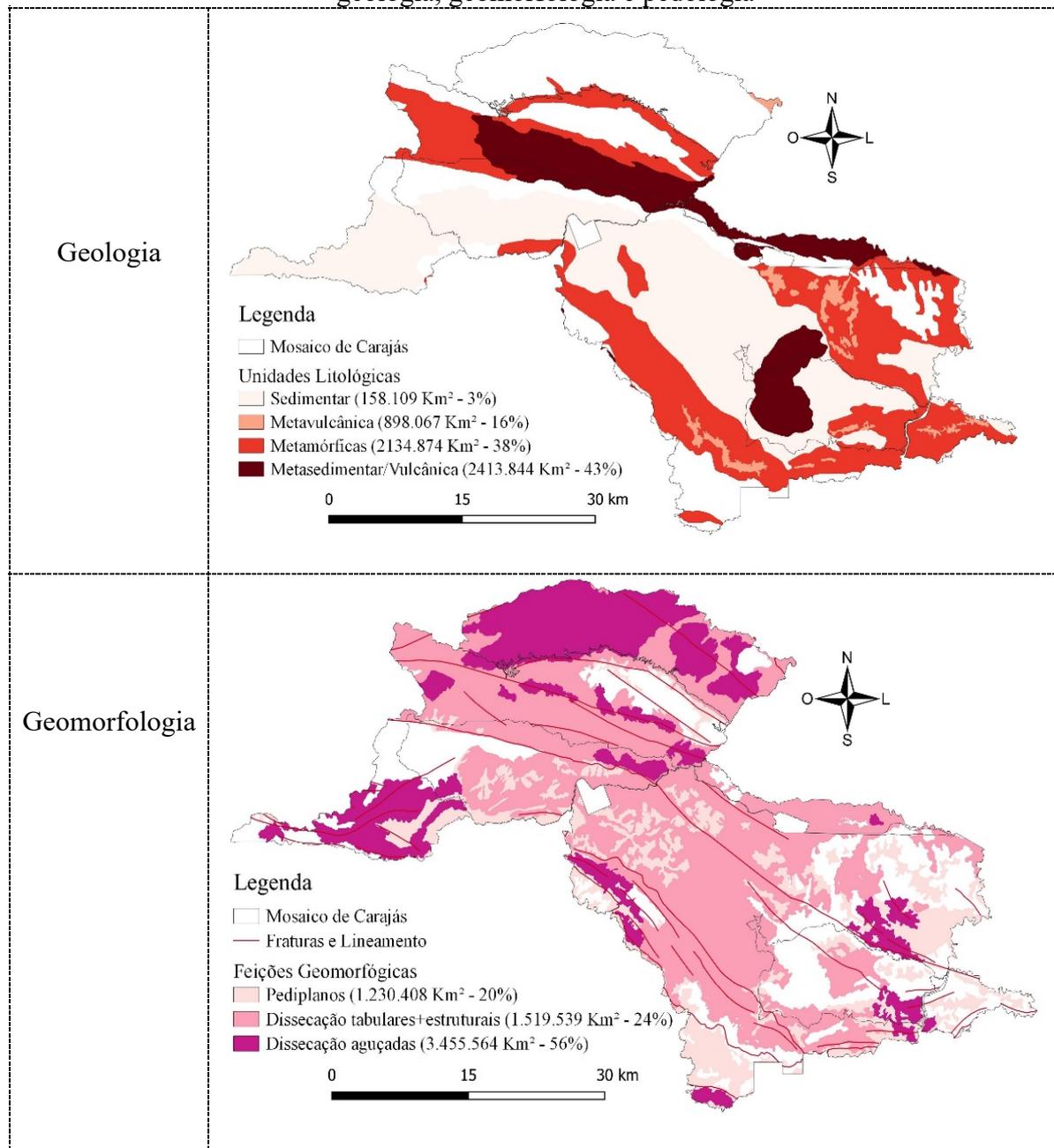
Com 17% da área ficando com índice de média geodiversidade resguardar enorme riqueza florística, a saber, as savanas metalófilas com solos em carapaças ferruginosas e, geoambientes como cavidades naturais de incalculável riqueza de material genético, com destaque para grandes comunidades de morcegos frugívoros e hematófagos.

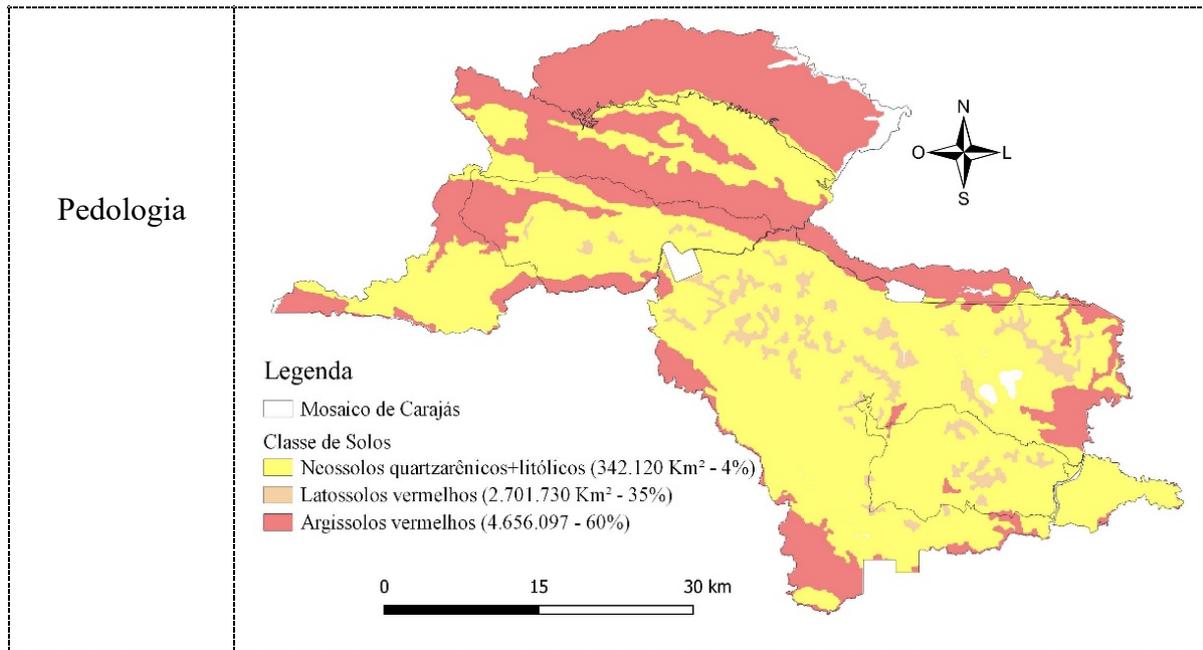
A drenagem dos rios Parauapebas, Itacaiúnas e Rio Azul criam geoformas em trechos encachoeirados, a percolação dos geofluxos hídricos dinamizam os sistemas cársticos em rochas ferríferas bandadas capaz de desenvolver cavidades naturais.

A verticalidade e a horizontalidade das paisagens associadas as contribuições da teoria dos refúgios, contribuem significativamente na delimitação das unidades geoecológicas discutida por Vidal e Mascarenhas (2020) no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos na dinâmica hidroclimatológica e morfopedológica, apontada por Inácio, Silva e Vidal (2021) para a Floresta Nacional de Carajás na qual analisaram os geocomponentes da paisagem, que os mesmos constitui-se como elementos de interligação do compasso das variabilidades ambientais que dinamizam o complexo paisagístico do Mosaico Carajás.

As variabilidades climáticas têm deixado marcas importantes nas paisagens como as áreas de refúgios, a geoecologia como ciência atrelada a ecologia e a geografia em seus aspectos de complexo territorial natural (geossistema) por meio de rico acervo metodológico, juntas, possibilita compreender as estruturas e as dinâmicas da paisagem do Mosaico Carajás.

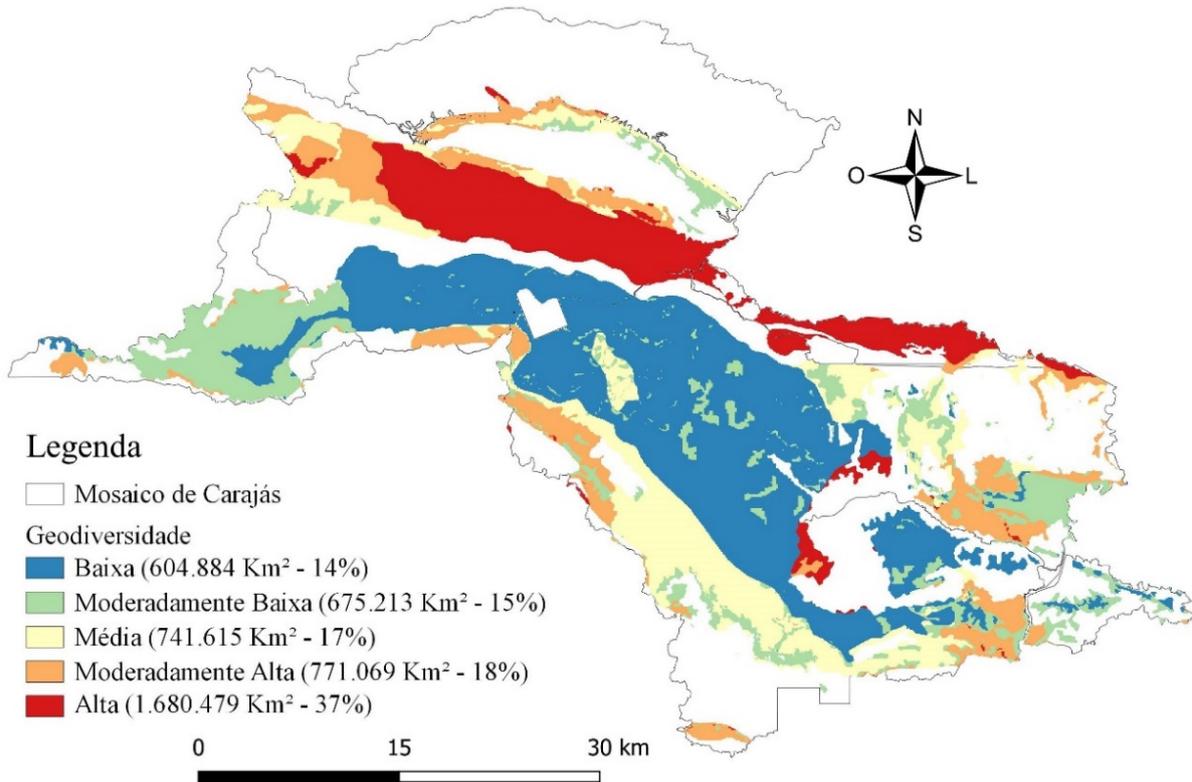
Figura 1 – Elementos da geodiversidade do Mosaico de Carajás representada pelo geofatores: geologia, geomorfologia e pedologia





Fonte: Autores (2024).

Figura 2 – Índices de geodiversidade do Mosaico Carajás – Sudeste do Pará



Fonte: Autores (2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As questões de geodiversidade e suas extensões, analisadas e descritas em conjunto com a teoria dos refúgios, permite compreender como os diversos fatores contribuem para a formação e a dinâmica das paisagens físicas encontradas no Mosaico Carajás.

A dificuldade de um olhar sistêmico para a natureza favoreceu, historicamente os aspectos bióticos em detrimento dos abióticos, sendo a geodiversidade um tema quase ausente nas discussões que envolvem a Amazônia, balizando assim a falsa ideia de que as formas de relevo e as rochas são robustas, não carecendo de gestão ou proteção de seus valores.

De outra maneira, a coevolução dos ambientais físicos por meio dos processos tectônicos, vulcânicos e as variabilidades climáticas deixam registrado eventos tanto nas estruturas geológicas como, nos atributos geomorfológicos e pedológicos.

A metodologia aqui empregada foi auxiliada por arquivos digitais de escala regional, assim há uma generalização dos resultados, mesmo com o mapa de geodiversidade, em escala de trinta metros de resolução, os resultados apontam para uma grande generalização, estudos em escala de paisagem podem revelar valores ainda maiores para área em tela.

Ao analisa a extensão da geodiversidade e o papel desempenhado pelos serviços geossistêmicos é notório que o mosaico tem cumprido seus objetivos que é a proteção da natureza em seu sentido amplo – ou seja – a proteção da floresta, faunas e dos demais recursos naturais, por outro lado as pressões antrópicas vem se tornado um grande desafio à gestão e proteção das paisagens físicas.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil**. São Paulo: Inst. Geogr. USP, Geomorfologia, n. 15. 1969.

AB' SÁBER. A. N. **Potencialidades paisagísticas brasileiras**. IBGE, Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente. Recursos naturais, meio ambiente e poluição. Rio de Janeiro, SUPREN, v. 1, 1977.

AB'SÁBER, A. N. **A Amazônia: do discurso à práxis**. 2 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004. 320p.

AB'SÁBER, A. N. Bases conceituais e papel do conhecimento na previsão de impactos. In: PLANTENBERG, C. M.; AB'SÁBER, A. N. (Orgs.) **Previsão de impactos: estudos de impacto ambiental no leste, oeste e sul experiências no Brasil, Rússia e Alemanha**. EDUSP, São Paulo, 2006. p. 27-49.

BASTIAN, O.; GRUNEWALD, K.; KHOROSHEV, A. V. The significance of geosystem and landscape concepts for the assessment of ecosystem services: exemplified in a case study in Russia. **Landscape Ecol**, v. 30, n. 5, 2015. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-015-0200-x>>. Acesso em: 12 fevereiro 2024. <https://doi:10.1007/s10980-015-0200-x>.

BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, n. 39, v. 3, 1968. p. 249-272.

BRILHA, J. **Património Geológico e Geoconservação**. Portugal: Palimagem Editores, 2005. 175p.

BRILHA, J. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. **Geoheritage**, n. 8, 2016.

BUSH, M. B. Of orogeny, precipitation, precession and parrots. **Journal of Biogeography**, v. 32, n. 8, 2005. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2699.2005.01343.x>>. Acesso em: 22 janeiro 2024. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01343.x>.

CARMO, F. F.; KAMINO, H. L. Y. **Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais**. Belo Horizonte: 3i Editora, 2015. 552p.

CONNOR, E. The role of Pleistocene forest refugia in the evolution and biogeography of tropical biotas. **Tree**, v. 1, n. 6, 1986.

COLINVAUX, Paul A. A new vicariance model for Amazonian endemics. **Global Ecology and Biogeography**, v. 7, n. 2, 1998. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1466-8238.1998.00286.x>>. Acesso em: 02 fevereiro 2024. <https://doi.org/10.2307/2997812>.

COLINVAUX, P. A.; OLIVEIRA, P. E.; BUSH, M. B. Amazonian and Neotropical plant communities on glacial time-scales: The failure of the aridity and refuge hypotheses. **Quaternary Science Reviews**, v. 19, 2000. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0277379199000591>>. Acesso em: 13 fevereiro 2024. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(99\)00059-1](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(99)00059-1).

COLINVAUX, P. A.; OLIVEIRA, P. E.; MORENO, J. E.; MILLER, M. C.; BUSH, M. B. A long pollen record from lowland Amazonia: Forest and cooling in glacial times. **Science**, v. 274, n. 5284, 1996. Disponível em: <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.274.5284.85>>. Acesso em: 10 março 2024. <https://doi.org/10.1126/science.274.5284.85>.

CLAUDIO-SALES, V. Geodiversity and geoheritage in the perspective of geography. **Bulletin of Geography. Physical Geography Series**, n. 21, p. 45-52, 2021. Disponível em: <<https://apcz.umk.pl/BOGPGS/article/view/36733>>. Acesso em: 27 fevereiro 2024. <http://dx.doi.org/10.2478/bgeo-2021-0008>.

GUPTA, A. **Tropical Geomorphology**. Cambridge, 2011. 386p.

GUPTA, A. The changing geomorphology of the humid tropics. **Geomorphology**. Vol. 7, p. 165-186, 1993. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0169555X9390016U?via%3Dihub>>. Acesso em: 16 março 2024. [http://dx.doi.org/10.1016/0169-555x\(93\)90016](http://dx.doi.org/10.1016/0169-555x(93)90016).

GRAY, M. Other nature: geodiversity and geosystem services. **Environmental Conservation**, v. 38, n. 3, 2011. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/other-nature-geodiversity-and-geosystem-services/EF61A0EC8A2AB89E918AEF7CCDD082C3>. Acesso em: 03 fevereiro 2024. <https://doi.org/10.1017/S0376892911000117>.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2004. 512p.

HAFFER, J. Speciation in Amazonian Forest. **Science**, New Series, v. 165, n. 3889, 1969. Disponível em: <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.165.3889.131>>. Acesso em: 27 março 2024. <https://doi.org/10.1126/science.165.3889.131>.

HAFFER, J. Pleistoceno speciation in Amazonian Birds. **Amazoniana**, v. 6, n. 2, 1977.

HAFFER, J. Alternative models of vertebrate speciation in Amazonia: an overview. **Biodiversity and Conservation**, v. 6, 1997.

HAFFER, J. Hypotheses to explain the origin of species in Amazonia. **Braz. J. Biol.** v. 68, n. 4, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bjb/a/dQkKtYHhX7bvfJBbN9DwQfq/?lang=en>>. Acesso em: 19 fevereiro 2024. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842008000500003>.

HAFFER, J. Impulsos climáticos da evolução na Amazônia durante o Cenozóico: sobre a teoria dos Refúgios da diferenciação biótica. **Estudos Avançados**, v. 46, n. 16, 2002. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/7BGF7hhdGBJgP75yFvNXLrt/>>. Acesso em: 28 março 2024. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142002000300014>.

INÁCIO, A. P.; SILVA, E. V.; VIDAL, M. R. Análise geocológica da paisagem da floresta nacional de Carajás – PA, Brasil. **Rede – Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, Brasil, v. 15, n. 2, 2022.

KHOROSHEV, A. Landscape-Ecological Approach to Spatial Planning as a Tool to Minimize Socio-Ecological Conflicts: Case Study of Agrolandscape in the Taiga Zone of Russia. **Land**. v. 9, n. 6, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/9/6/192>. Acesso em: 05 março 2024. <https://doi.org/10.3390/land9060192>.

MASCARENHAS, A. L. S.; VIDAL, M. R. Valorizar a geodiversidade e proteger os serviços geossistêmicos na Região de Carajás. **Confins**, n. 61, 2023. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/55066#quotation>. Acesso em: 23 março 2024. <https://doi.org/10.4000/confins.55066>.

MONTEIRO, M. A.; SILVA, P.R. Expansão geográfica, fronteira e regionalização: a região de Carajás, **Confins**. n. 49. 2021. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/35296>. Acesso em: 24 fevereiro 2024. <https://doi.org/10.4000/confins.35296>.

PANIZZA, M. Geomorphosites: concepts, methods and examples of geomorphological survey. **Chinese Science Bulletin**, v. 46, 2001.

PANIZZA, M.; PIACENTE, S. Cultural Geomorphology an geodiversity. In: REYNALD, E.; CORATZA, P.; REGOLINI-BISSIG, G. (Org.) **Geomorphosites**. Munique: Pfeil, 2009. p. 35-48.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e Gestão ambiental**: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica. EdUFC, Fortaleza, 2013. 370p.

RODRIGUEZ, J. M. M.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 6ª edição, EdUFC, Fortaleza, 2022. 332p.

ROCHA, D. G.; KAEFER, I. L. What has become of the refugia hypothesis to explain biological diversity in Amazonia? **Ecol Evol**. 2019. Disponível em: https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/artigo_Rocha_and_Kaefer_2019_Ecology_and_Evolution.pdf. Acesso em: 07 fevereiro 2024. <https://doi.org/10.1002/ece3.5051>.

SHARPLES, C. **A Methodology for the Identification of Significant Landforms and Geological Sites for Geoconservation Purposes**, Forestray Commission Tasmania, 1993. 31p.

TANSLEY, A. G. The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms. **Ecology**, v. 16, n. 3, p. 284-307, 1935. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1930070>. Acesso em: 11 março 2024. <https://doi.org/10.2307/1930070>.

VANZOLINI, P. E.; WILLIAMS, E. E. The Vanishing Refuge: A mechanism for ecogeographic speciation. **Papéis Avulsos De Zoologia**, n. 34, p. 251-255, 1980. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paz/article/view/211249>. Acesso em: 16 março 2024. <https://doi.org/10.11606/0031-1049.1980>.

VIDAL, M. R.; MASCARENHAS, A. L. S. Estrutura e funcionamento das paisagens litorâneas cearenses à luz da Geocologia das Paisagens. **Geosp – Espaço e Tempo (On-line)**, v. 24, n. 3, p. 600-615. 2020. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2020.121030>
VIDAL, M. R.; SILVA, E. V.; MASCARENHAS, A. L. S. Bases geocológicas da serra de Carajás na Amazônia oriental brasileira. In: CHÁVEZ, E. S.; DIAS, L. S (Org.) **Cartografia Biogeográfica e da Paisagem**. v.3, Ed. Tupã, ANAP, 2022. p. 135-150.

VIDAL, M. R.; SILVA, E. V. da. Enfoque estrutural e funcional da geocologia das paisagens: modelos e aplicações em ambientes tropicais. **Geofronter**, Campo Grande, v.7 n. 1, p. 1-19, 2021. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/GEOF/article/view/6708>. Acesso em: 16 março 2024

VIDAL, M. R.; MASCARENHAS, A. Levi S. Mapeamento geocológico no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos de Carajás/Pará-Brasil. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 14, n. 3, p. 218–238, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/ateli/article/view/59613>. Acesso em: 19 março 2024. <https://doi.org/10.5216/ag.v14i1.59613>.