



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Geografia Física e a abordagem geossistêmica aplicada à estudos de suscetibilidade ambiental de bacias hidrográficas

Kássio Samay Ribeiro Tavares¹, Samuel de Oliveira Mendes², João Batista Ferreira Neto³

¹ Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências - IG, Departamento de Geografia. Rua Carlos Gomes, 250- Cidade Universitária. CEP 13.083-250-Campinas/SP. E-mail: kassiosamayribeiro@gmail.com, gleicon_brasileiro@hotmail.com. ² Doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Goiás. Instituto de Estudos Socioambientais - IESA, CEP: 74001-970, Goiânia (GO), Brasil, E-mail: samuel_ufg@hotmail.com. ³ Mestrando em Geografia pela Universidade Federal de São João Del Rei – UFSJ, E-mail: joaoeventhing@hotmail.com.

Artigo recebido em 01/08/2021 e aceito em 06/03/2022

RESUMO

A Geografia Física como campo da ciência geográfica tem se reafirmado como uma importantíssima área de conhecimento, em especial, ao utilizar a teoria geossistêmica para análise da paisagem. O objetivo propõe-se em dialogar com referenciais da abordagem geossistêmica e evidenciar as contribuições dessa proposta metodológica para a identificação e análise da suscetibilidade ambiental em bacias hidrográficas. Tendo em vista o objetivo proposto, as sessões do texto foram organizadas em quatro momentos, sendo o primeiro caracterizado por reflexões que tratam do contexto teórico-metodológico da Geografia Física para a abordagem geossistêmica. Em seguida, debatemos a compreensão do olhar dessa ciência para os recursos hídricos, discutindo a teoria geossistêmica e a suscetibilidade ambiental e, por fim, a aplicação da metodologia de mapeamento na bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso. A aplicação da metodologia de Crepani et al. (2001), permitiu elaborar um mapeamento dos diferentes tipos de características da área, com vistas à interpretação da suscetibilidade. A maior parcela da área foi identificada a classe medianamente estável/vulnerável, que compreende cerca de 78%. O grau denominado moderadamente estável apresentou 17%. O grau moderadamente vulnerável em porcentagem representa 4%. E, por fim, o grau de suscetibilidade estável, com 0,4%, constituindo a menor área do mapeamento. A mediação de conhecimentos sistematizados neste artigo, permitiram reflexão sobre os conhecimentos e as contribuições da Geografia Física para os estudos desenvolvidos pela ciência geográfica, dos métodos de pesquisa desse campo científico voltados a abordagem da suscetibilidade ambiental de recursos hídricos, mediante uso da teoria geossistêmica.

Palavras-chave: Ciência geográfica; Epistemologia; Geossistemas.

Physical Geography and the geosystemic approach applied to studies of environmental susceptibility of watersheds

ABSTRACT

Physical Geography as a field of geographic science has reaffirmed itself as a very important area of knowledge, especially when using geosystemic theory for landscape analysis. The objective is to dialogue with geosystemic approach references and to highlight the contributions of this methodological proposal for the identification and analysis of environmental susceptibility in hydrographic basins. In view of the proposed objective, the sessions of the text were organized in four moments, the first being characterized by reflections that deal with the theoretical-methodological context of Physical Geography for the geosystemic approach. Next, we discuss the understanding of the view of this science for water resources, discussing geosystemic theory and environmental susceptibility and, finally, the application of the mapping methodology in the River Paradise basin. The application of the methodology of Crepani et al. (2001), allowed to elaborate a mapping of the different types of characteristics of the area, with a view to the interpretation of susceptibility. The largest portion of the area was identified as the median stable/vulnerable class, which comprises about 78%. The grade called moderately stable presented 17%. The moderately vulnerable degree in percentage represents 4%. And, finally, the degree of stable susceptibility, with 0.4%, constituting the smallest area of mapping. The mediation of knowledge systematized in this article allowed reflection on the knowledge and contributions of Physical Geography to the studies developed by geographic science, of the research methods of this scientific field aimed at the approach of environmental susceptibility of water resources, through the use of geosystemic theory.

Keywords: Geographic science; Epistemology; Geosystems.

Introdução

Os riscos e impactos ambientais são fenômenos constituintes do espaço geográfico de doravante aos dias atuais, sejam eles de ordem físico-natural, seja pelo papel desempenhado pelo homem ao se apropriar dos recursos naturais demandados na produção da espacialidade. Nesse bojo, assume protagonismo a suscetibilidade como elemento que corrobora a preocupação frente ao quadro de degradação ambiental instaurado na atualidade. Em síntese, trata-se de uma problemática que sempre existiu, contudo, tem sido potencializada em virtude da maneira como a sociedade se especializa mediante a lógica dos sistemas econômicos vigentes em cada tempo histórico específicos. Ademais, por evidenciar, em carta medida, um elo entre sociedade e natureza, acaba por interrogar necessariamente os métodos da Geografia, para a realização das análises e compreensão de um dado fenômeno ou processo situado em determinadas localidades.

A ciência geográfica, em seu contexto histórico e epistemológico, tem cada vez mais se utilizado de diferentes referenciais epistemológicos para o desenvolvimento de análises e pesquisas. É o que pontua Amorim (2012), ao afirmar que desde a segunda metade do século XX, os teóricos do campo da Geografia Física, por exemplo, vêm construindo e apresentando novos conceitos e dando atenção especial às discussões referentes à abordagem sistêmica, re(definindo) conceitual e teórico-metodologicamente as abordagens, com vistas a avançar nas discussões que trazem essa proposta como eixo epistêmico estruturante.

No entender de Rosolém e Archela (2010) a Geografia se constitui como uma ciência plural, na qual se recorre a distintos métodos e metodologias, que têm como base referenciais epistemológicos próprios, mas, também, de outros campos científicos, pois o seu objeto de estudo é complexo e dinâmico. Em outras palavras, resguardada a coerência com o método que serve de base, a pluralidade de possibilidades metodológicas auxiliaria nas pesquisas de abordagem geográfica.

Sem reforçar dicotomias entre os campos que constituem a Geografia Acadêmica, a Geografia Física apresenta um arcabouço significativo para as bases conceituais, teóricas e metodológicas de análise, que tem como finalidade a abordagem integrada dos fenômenos e componentes físico-naturais nos estudos

sistêmicos, buscando apresentar, a partir das análises, uma compreensão holística das situações que ocorrem no espaço geográfico, bem como a ponderação do papel que a sociedade desempenha mediante uso desses componentes, seus processos, suas relações e correlações (SANTOS e CASTRO, 2019; NUNES e CASTRO, 2021). Em suma, busca-se contemplar, nos estudos e pesquisas, as entradas e saídas de energia e matéria dos sistemas constituídos mediante a relação sociedade-natureza.

Como referenciais que elucidam nossa base para este trabalho, que apresenta a abordagem sistêmica como referência para a compreensão das problemáticas associadas à suscetibilidade ambiental, destacamos Tucci (1974), Bertalanffy (1975), Tricart (1977), Sotchava (1978), Christofolletti (1999), Troppmair (2004), Pereira e Aliprandi (2019), Capra (2000), Sobala, Kurda e Siesicka (2019), Braz e Marcos Neto (2021), os quais configuram-se alicerces consolidados para as pesquisas dessa natureza.

A partir da contribuição desses autores e dos estudos que são desenvolvidos utilizando-os como referencial, o campo da Geografia Física tem se consolidado com teorias e métodos os quais tem possibilitado analisar, quantificar, qualificar e problematizar tanto os fenômenos do meio econômico-social, quanto os do ambiente físico-natural de maneira integrada, conforme mencionado por Santos et al. (2019). Desse modo, nesse texto, elegemos como recorte que perpassa essas esferas e que tem se apresentado como uma das principais preocupações do campo da gestão territorial de recursos e que será o foco das nossas reflexões: a bacia hidrográfica.

Segundo Tran et al. (2012), Tiburan Jr. et al. (2013) e Lima e Silva (2018), os ecossistemas e as bacias hidrográficas interrelacionadas, tem alcançado uma importância significativa nas questões de abastecimento humano, questão tratada por Campioli e Viera (2019) e Lopes et al. (2019) em estudos sobre riscos de inundação de bacias hidrográficas em áreas urbanas. Entretanto, colocando em pauta os problemas atuais e crescentes de urbanização e de uso e manejo incorreto das terras, além das mudanças climáticas, as bacias hidrográficas também estão sujeitas a suscetibilidades ambientais que consequentemente afetam sua gestão e sustentabilidade (Santos e Castro 2020; Moreira et al., 2022). Definido isso, é imperativo determinar as relações geossistêmica de

um todo, bem como evidenciar áreas em prioritárias que exigem intervenção.

A relação das atividades humanas com os recursos hídricos pode ser notada desde os primórdios da sociedade (Ferri e Berté, 2020). Como exemplos, podemos citar o surgimento de grandes civilizações que se desenvolveram a partir de relações estabelecidas com eles, a exemplo da Mesopotâmia, no vale entre os rios Tigre e Eufrates, e da civilização Egípcia, no vale do rio Nilo, ambas na região do chamado “Crescente Fértil”, localizado entre o Oriente Médio e o Nordeste da África. Até mesmo a adaptação ao sedentarismo dos agrupamentos humanos ocorreu mediante a relação com a disposição desse recurso, visto que, áreas com oferta abundante de água garantiriam a sobrevivência da população em virtude do cultivo de alimentos, considerando-se, evidentemente, a fertilidade dos solos, a topografia do relevo, entre outras características do meio físico, que já indicavam, desde os primórdios, a importância da análise integrada desses componentes, como condicionantes das atividades humanas.

Com o vertiginoso processo de mecanização na agricultura e de urbanização nas cidades, verifica-se que a demanda pelo uso de recursos hídricos tem se intensificado, seguido, consequentemente, de um dos principais impactos que caracterizam o quadro de degradação ambiental da atualidade: a poluição. A hipótese do trabalho gira em torno da necessidade e a importância de uma abordagem voltada à suscetibilidade ambiental associada à eles, entretanto, os métodos para essa abordagem comumente estão vinculados a práticas onerosas e não contemplam uma abordagem holística que integra os demais elementos do meio, adotando um caráter isolado sobre a suscetibilidade ambiental desse recurso.

Considerando esse conjunto de reflexões inicialmente postas, pretendemos com este texto dialogar com referenciais da abordagem geossistêmica e evidenciar as contribuições dessa proposta metodológica para a identificação e análise da suscetibilidade ambiental em bacias hidrográficas, tendo como recorte espacial a bacia do Ribeirão Paraíso, em Goiás.

Materiais e métodos

O artigo encontra-se seccionado em duas partes. Na primeira, mediante levantamento bibliográfico em teses, artigos científicos de periódicos e outras fontes, realizamos uma discussão de caráter teórico acerca da

epistemologia da Geografia Acadêmica, colocando em protagonismo a Geografia Física; a abordagem geossistêmica como um importante referencial metodológico para os estudos que buscam realizar análise integrada de fenômenos geográficos; as contribuições de estudos desse campo científico para as pesquisas com foco em recursos hídricos, bem como na suscetibilidade ambiental intrínseca aos mesmos. Na segunda parte, mediante esses referenciais e a proposta de Crepani et al. (2001), apresentamos um estudo aplicado em uma bacia hidrográfica, mediante caracterização fisiográfica da área e, como resultado final, o mapeamento indicativo da suscetibilidade.

Vale ressaltar que, inicialmente Crepani et al. (2001) denomina os resultados de seu mapeamento de vulnerabilidade, no entanto, Cutter (1994; 1996) e Alves e Torres (2006) elucidam que a vulnerabilidade pode ser vista como a interação entre o risco existente em determinado lugar (*hazard of place*), as características e o grau de exposição da população lá residente, ou seja, nessa perspectiva a vulnerabilidade é social, porém na metodologia proposta por Crepani et al. (2001), dados sociais como exemplo o socioeconômica, não é inserido entre as variáveis de análise.

A partir desse ponto o termo suscetibilidade apresenta definição coerente para a aplicação neste artigo. Suscetibilidade pode ser sintetizada como a predisposição ou propensão dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico (Sobreira e Souza, 2012; Diniz, 2012; Coutinho, 2013; Bressani e Costa, 2013; Gonçalves et al., 2021).

Portanto, por exemplo, as características do ambiente podem torná-lo mais suscetível a movimentos em grande escala e menos suscetível a inundações (Lopes et al., 2019). Um campo de pesquisa deve ter características naturais que reflitam seu comportamento de origem e até mesmo os fatores dominantes no processo de sua formação, modelagem e transformação (Zanella et al., 2013 e Santos, 2015).

No discurso específico ambiental, diagnosticar uma área significa descrever sua particularidade e compreender os processos que levam a ela. Saber distinguir entre ambientes naturais pode comparar e ditar quais ambientes são mais frágeis e / ou instáveis do que outros. É natural encontrar ambientes que ainda estão em processo de formação ou cujas características indicam que a não intervenção é necessária (Girão et al., 2018).

Resultados e discussão

Abordagem teórico-metodológica da Geografia física e a suscetibilidade ambiental (I parte)

Por volta de 1950, o biólogo alemão Ludwing Von Bertalanffy apresentou algumas contribuições metodológicas que, algum tempo depois, constituiria a Teoria Geral dos Sistemas (TGS), na qual se buscava compreender, por meio de modelos, o comportamento dos organismos vivos, abrangendo problemas científicos sistemáticos (empíricos ou práticos). Os objetivos de suas investigações estavam na produção de conceitos que permitiriam elaborar condições aplicáveis à realidade de maneira aprofundada, contemplando a ótica das questões científicas dos sistemas (Bertalanffy, 1968).

Por causa de sua formação e conhecimento em biologia, Ludwing von Bertalanffy inicialmente tentou enfatizar a diferença entre os sistemas biológicos e físicos, além das funções isoladas de sistemas menores. Uma teoria com uma ampla gama de aspectos científicos envolve aplicações interdisciplinares em vários campos do conhecimento humano, portanto, a teoria geral do sistema é uma ciência holística que está inserida em várias ciências empíricas (Bertalanffy, 1968). Mas, afinal, o que pode ser considerado um sistema, do ponto de vista da ciência?

Ao apresentar a proposta da TGS, Bertalanffy (1968) tornou-se uma das principais referências nas discussões sistêmicas, o qual conceituou o sistema como um conjunto de unidades inter-relacionadas. Para Chiavenato (1993), um sistema é formado por uma coleção de elementos combinados por meio de alguma forma de interação ou interdependência. Na concepção de Morin (1977), o sistema consiste em partes e os elementos que os combinam. Rodriguez (2015), Guerra (2020) e Lima et al. (2021), entendem que, nesse sentido, a Terra pode ser considerada um sistema, por exemplo, em virtude de suas leis que evidenciam a interação da natureza, incluindo clima, topografia, vegetação, rochas, água e solo.

A partir dessas contribuições conceituais sobre sistemas, pode-se dizer que essas unidades de análise se constituem a partir de um conjunto de elementos que estão dinamicamente interagindo uns com os outros, e cada elemento desempenha um papel no alcance de determinado objetivo em conjunto. Em síntese, ao olhar para um sistema, é imprescindível observar e compreender a interação entre os elementos que o compõe.

O sistema é, portanto, formado por componentes interdependentes, cercados por um meio exterior. Este meio exterior é onde o sistema opera, ou seja, no ambiente, e onde é por ele condicionado. Para Tricart (1977), do ponto de vista metodológico, esse conceito apoia-se num tipo de raciocínio elaborado pelos físicos há quase 200 anos e aplicado à termodinâmica, em que o sistema é visto como um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia, originando relações de dependência mútua.

Nesse sentido, convém ressaltar que para Tricart (1977), o conceito de sistema é melhor e mais coerente no que tange os estudos dentro da Geografia Física. Esse pensamento parte de uma atitude dialética frente a complexidade dos estudos dos processos naturais e suas relações com a apropriação e transformações das sociedades.

Os sistemas apresentam entrada (input) e saída (output), em que a entrada é composta por aquilo que o ambiente recebe. E essas entradas, que o ambiente recebe, sofrem transformações em seu interior, que são posteriormente enviadas para fora, o que é caracterizado pela saída, ou seja, toda entrada corresponde a um tipo de saída (Christofolletti, 1979).

Bertalanffy (1968) pondera ainda que o conceito de sistemas abertos apresentou uma semelhança de aplicabilidade, principalmente utilizado em ciências da terra e geomorfológica. Essas aplicações contêm fortemente os pressupostos da TGS, que pode ser vista a partir de muitos estudos baseados no sistema terrestre e na análise da paisagem, que é a categoria mais comumente explorada na pesquisa de sistemas.

Desde a década de 1960, vários autores de diferentes gêneros têm contribuído para o desenvolvimento de conceitos e de pesquisas que, a partir da TGS, possibilitaram a constituição de um modelo de análise de considerável envergadura para a Geografia Física, denominado Geossistema, dentre os quais, destaca-se: Sotchava, Strahler, Bertrand, Tricart, Hack, Christofolletti, entre outros, permitindo o desenvolvimento de análises sistêmicas em distintas escalas.

Conforme temos apresentado, o geossistema se estrutura a partir da TGS, na qual, em linhas gerais, propôs a consideração das inter-relações entre os elementos constituintes do todo. A partir dessa prerrogativa, a Geografia física procurou não mais estudar fatos isolados, mas analisar interconexões entre o meio físico e o papel desempenhado pelo ser humano nos processos de alteração dos recursos natureza. Cabe ressaltar que antes da teoria geossistêmica a Geografia Física

apresentava um caráter metodológico complexo e indefinido. Esse entrave epistemológico só foi rompido mediante elaboração e uso dessa proposta metodológica, nesse campo da ciência geográfica.

O termo geossistema foi utilizado por Sotchava (1977) para descrever a esfera físico-geográfica que apresenta características de um sistema de base, em que as geoesferas terrestres estariam inter-relacionadas. O autor também afirma que, embora os geossistemas sejam fenômenos naturais os fatores econômicos e sociais afetam sua estrutura espacial e são levados em consideração em seus métodos de pesquisa. Aqui, o autor enfatiza, por exemplo, que o sistema geológico se forma naturalmente e experimenta a influência do ambiente social, econômico e tecnológico de alguma forma.

Na perspectiva de Christofletti (1979), os geossistemas constituem-se sistemas naturais não necessariamente homogêneos, abertos, vinculados à um território caracterizado pela existência de uma

certa morfologia, funcionamento e comportamento específicos, reagrupam dinamicamente geofácies e geótopos. Isso significa dizer que o geossistema apresenta um caráter conceitual de ordem territorial e respondem pela característica de mosaico na vegetação de determinada formação paisagística. É o que acontece, por exemplo, com o Cerrado.

Essa dinâmica está relacionada à identificação e consignação de fenômenos variáveis de caráter biofísico e socioeconômico em um determinado local, sendo uma maneira de diagnosticar as ações e os impactos causados pelas práticas sociais no ambiente. Destaca-se, nesta abordagem, a definição sustentada pelo modelo Geossistema-Território-Paisagem (GTP), de Bertrand e Bertrand (2007), que interrogou como base a análise integrada de parâmetros do ambiente, levando em consideração especialmente os fatores socioeconômicos, conforme demonstrado na figura 1.

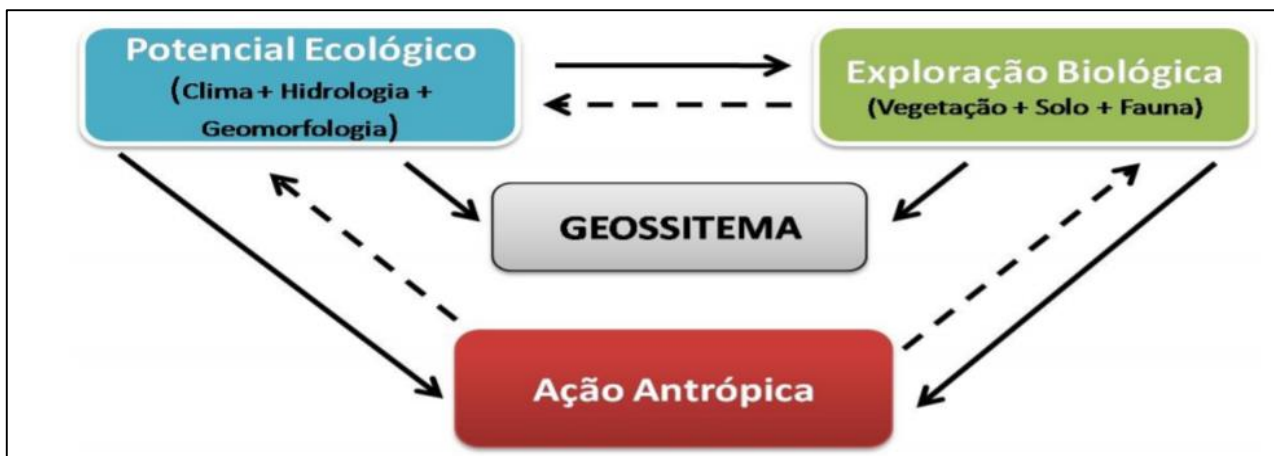


Figura 1 – O modelo de Geossistema de Bertrand (1971).

A procura por uma proposta de análise e mapeamento das paisagens permeia a história da Geografia, com vários autores de renome apresentando suas concepções sobre o assunto. As reflexões teóricas de Bertrand (1972) apresentam uma perspectiva de estudo sobre como a paisagem pode ser transformada por meio das relações humanas com a natureza, buscando-se identificar os aspectos que compõem a dinâmica das diferentes unidades de paisagem e compreender a área em estudo considerando o contexto atual das relações entre desigualdade social, economia e meio ambiente.

Essa proposta de Bertrand (1972), baseada então em Erhart (1966), apresentou uma tipologia dinâmica, classificando os geossistemas em função de sua evolução. O autor os distinguiu em sete tipos, reagrupados em dois conjuntos dinâmicos

diferentes: os geossistemas em biostasia, que representam paisagens onde a atividade geomorfológica é fraca ou nula, o sistema de evolução é dominado pelos agentes e processos bioquímicos (pedogênese, concorrência entre as espécies vegetais etc.) e a intervenção antrópica nunca compromete o equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica; e os geossistemas em resistasia compreendendo a geomorfogênese, levando em consideração que ela domina a dinâmica global das paisagens e há uma modificação mais ou menos possante do potencial ecológico.

Diante do exposto, Souza e Corrêa (2013) avaliam o geossistema, partindo do princípio da ampla interação dos elementos que compõem a natureza e destes com o ser humano; e que, mediante tal interação, tem-se como resultado, um

quadro dinâmico a partir do uso dos recursos disponíveis no ambiente pelo homem. Esse quadro dinâmico pode ser observado, por exemplo, ao analisarmos as alterações que ocorrem em uma bacia hidrográfica, a partir de intervenções de engenharia, implementadas em virtude de demanda social.

A partir de reflexões apresentadas por Bolós (1981) e Garcia (2006); Zeni., et al. (2019), Ayach, Souza e Silva (2019) e Virtuoso, Meneses e Assunção (2020), compreendem que os recursos hídricos inseridos nas regiões hidrográficas, correspondem ao primeiro nível de análise. O segundo nível de análise compreende as características da região na qual o sistema se instalou, sendo posteriormente expandida à escalas de maior abrangência (Oliveira, Santos e CalEGARI, 2020).

O processo de evolução de um geossistema pressupõe uma troca dinâmica entre todas as formas de energia, complementares ou antagônicas que, reagindo umas em relação às outras, evidenciam as transformações em uma determinada unidade de paisagem que, consequentemente, dão subsídio para identificar e analisar a suscetibilidade ambiental.

A suscetibilidade ambiental em foco: o caso da bacia do ribeirão paraíso (II parte)

A proposta de Crepani et al. (2001) aborda com ênfase as suscetibilidades ambientais aplicadas ao planejamento territorial, utilizando como base conceitual as ecodinâmicas, proposta por Tricart (1977). Este conceito pressupõe uma análise que considera a interação mútua dos diversos componentes e dos fluxos de energia no ambiente (figura 2).

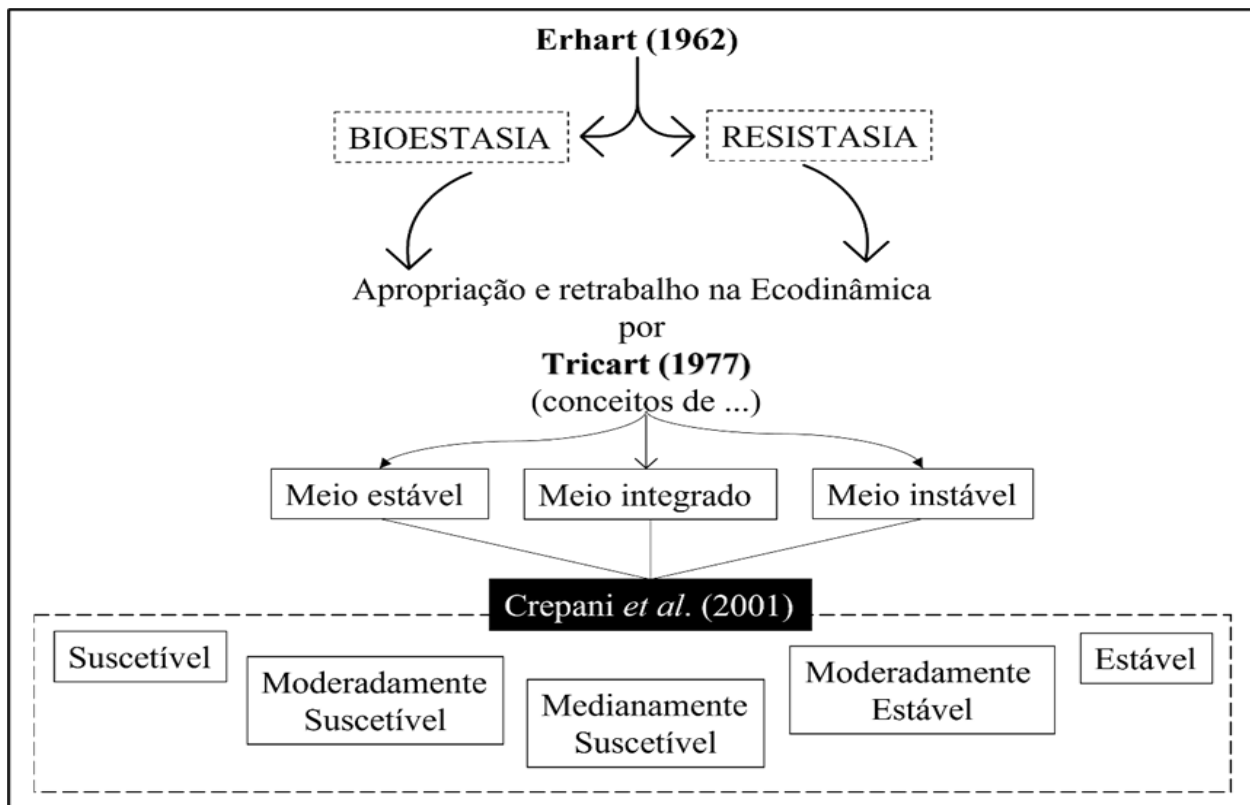


Figura 2- Metodologia representativa de suscetibilidade ambiental, adaptado de Crepani et al. (2001).

Na concepção de Crepani et al. (2001) e de Ross (1994), as unidades ecodinâmicas estáveis são, de alguma forma, originais, ou seja, foram poupadas da ação humana, encontradas em estado natural. As unidades vulneráveis são aquelas que foram acometidas de significativas modificações pela ação antrópica, advindas de demandas vinculadas à atividades econômicas como o desmatamento com vistas à ampliação de áreas

cultivadas, a construção de centrais hidrelétricas para atender a demanda de energia, entre outros.

Como já mencionado, esta metodologia se baseou nos conceitos da Ecodinâmica de Tricart (1977), bem como do grande potencial ainda não explorado das imagens de satélite para estudos e análise da paisagem, a exemplo da visão sinótica, holística e repetitiva. Tal metodologia pretendeu usar como ancora o tratamento digital de imagens,

fazendo uso da manipulação desses dados por softwares (sistemas de informações geográficas – SIG). Segundo Crepani et al. (2001), através emprego de imagens de satélite como ancora em metodologias, é possibilitado uma vasta aplicabilidade e extração de informações e dados pelo uso dos sistemas de sensoriamento remoto e geoprocessamento

De acordo com a metodologia do autor, o primeiro passo é fazer uma nova interpretação de cada uma das informações temáticas, as quais são representadas pelos mapas de geologia, climatologia, pedologia e cobertura vegetal e uso

da terra. Para tanto, as imagens de satélite são utilizadas na geração de mapas referentes a geomorfologia, uma vez que através delas é possível identificar a declividade, a amplitude altimétrica e a dissecação do relevo. Na etapa seguinte, atribuem-se os valores de suscetibilidade para cada classe temática da unidade de paisagem. Esses valores são correspondentes ao princípio dos fatores pedogenéticos e morfogenéticos (Figura 3). Tais valores são expressos de 1 a 3, sendo 1,0 representando estabilidade e 3,0, alta suscetibilidade.

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA			GRAU DE VULNERAB.
U1	↑	3,0	↓	VULNERÁVEL
U2		2,9		
U3		2,8		
U4		2,7		
U5	U	2,6	E	MODERADAM. VULNERÁVEL
U6	L	2,5		
U7	N	2,4		
U8	E	2,3		
U9	R	2,2	A	MEDIANAM. ESTÁVEL/ VULNERÁVEL
U10	A	2,1		
U11	B	2,0		
U12	I	1,9		
U13	L	1,8	D	MODERADAM. ESTÁVEL
U14	I	1,7		
U15	D	1,6		
U16	A	1,5		
U17	D	1,4	E	ESTÁVEL
U18	E	1,3		
U19	↓	1,2		
U20		1,1		
U21		1,0		

Figura 3- Escala de Suscetibilidade das Unidades Territoriais Básicas, adaptado de Crepani et al. (2001).

Salienta-se que, nas últimas décadas, vários autores fizeram uso da metodologia proposta por Crepani et al. (2001), auxiliados por técnicas de Geoprocessamento, para trabalhar as informações cartográficas, dentre os quais destacam-se Ribeiro e Campos (2007), Lopes e Saldanha (2016), Marques et al. (2017), Lima e Silva (2018), Leal et al., (2019), Sutil, Gonçalves e Vieira (2020), Tavares, Romão e Oliveira (2020), Dellargine et al. (2020), entre outros, a exemplo do trabalho realizado por Santos e Martins (2018) que, com enfoque na conservação de recursos hídricos, os autores buscaram realizar uma análise da suscetibilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Claro (GO), a partir da associação entre atributos naturais (geomorfologia, pedologia, climatologia e geologia) e a ação antrópica (uso e ocupação do solo). Para isso, utilizou-se

sensoriamento remoto e técnicas de SIG na construção das classes de suscetibilidade.

Nesse estudo, os autores alcançaram resultados mediante elaboração e integração dos resultados de suscetibilidade individual para cada tema, o que possibilitou reafirmar a importância do uso do solo de forma adequada na bacia hidrográfica, uma vez que, a existência de áreas ocupadas por floresta natural e pastagem em boas condições, reduziram os percentuais de áreas mapeadas por alta e muito alta suscetibilidade, tornando-se próximo da estabilidade.

Tais resultados obtidos no estudo supracitado e em outros, que utilizaram a teoria geossistêmica e que se basearam na metodologia preconizada por Crepani et al. (1994) ou adaptações que utilizam os mesmos conceitos propostos por este autor, corroboram a relevância

dos resultados dos mesmos, para o campo da Geografia Física, para a comunidade acadêmica e para a sociedade em geral, uma vez que esses trabalhos podem ser utilizados como subsídio ao planejamento e gestão adequada de bacias hidrográficas. Eles mapeiam e indicam as suscetibilidades ambientais, permitindo compreender o potencial natural do solo quanto à erosão e aos processos hidrológicos frente aos diversos usos, a exemplo do estudo que apresentamos porvir.

Rodrigues et al. (2020), elucidam que a análise de suscetibilidades ambientais é um instrumento que auxilia os planejadores e gestores a tomarem decisões que priorizem o correto manejo nos ambientes, isso a partir da avaliação de potencialidades de forma integrada. Essas ferramentas atualmente são bastante utilizadas pelos órgãos públicos municipais, sendo utilizados como base de tomada de decisões no âmbito ambiental e planejamento territorial.

A bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, localizada nos municípios de Caiapônia/GO e Doverlândia/GO (figura 4), se configurou a área de estudo, em virtude de o local passar por um intenso e acelerado processo de ocupação e uso agrícola, impactada principalmente pela falta de manejo adequado e/ou pela ausência dele, intensificando o desmatamento e a degradação em regiões de remanescentes de Cerrado (NICOLAU, 2018), além da delimitação dessa área, para a aplicação da metodologia, vale ressaltar a necessidade de estudos e monitoramento da bacia em questão, cuja rede hidrográfica deságua no Rio

do Peixe, que é utilizado para captação de água para o abastecimento público de Caiapônia e de outros municípios do entorno.

A construção dos mapas temáticos considerou as indicações metodológicas de Crepani et al., (2001), sendo utilizado a equação que atende ao modelo de análise para a elaboração do mapa de suscetibilidade, gerado pelo cálculo da média aritmética dos parâmetros das classes temáticas de Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Clima, evidenciada na equação 1.

Eq. 1

$$R = \frac{D + H + Dd}{3}$$

Onde:

S = Suscetibilidade

G = suscetibilidade para o tema Geologia

R = suscetibilidade para o tema Geomorfologia

S = suscetibilidade para o tema Solos

U = suscetibilidade para o tema Uso e ocupação

C = suscetibilidade para o tema Clima.

A aplicação da metodologia permitiu elaborar um mapeamento dos diferentes tipos de características da área, com vistas à interpretação da suscetibilidade. Assim, a seguir são apresentados os mapas temáticos de geologia, solos, vegetação, uso e ocupação, geomorfologia e os dados referentes à intensidade pluviométrica (Clima) (figura 5).

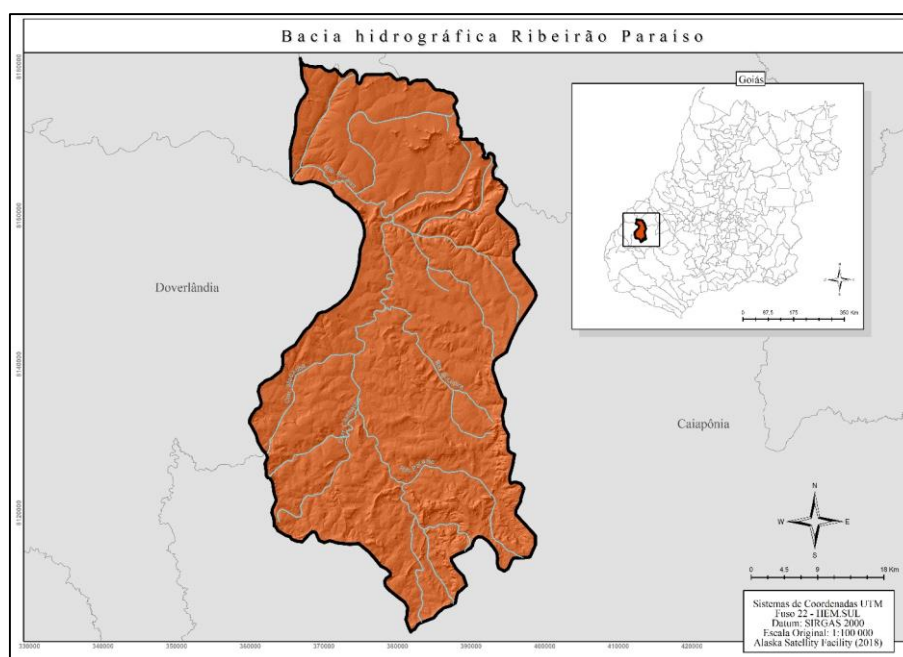


Figura 4 – Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, GO.

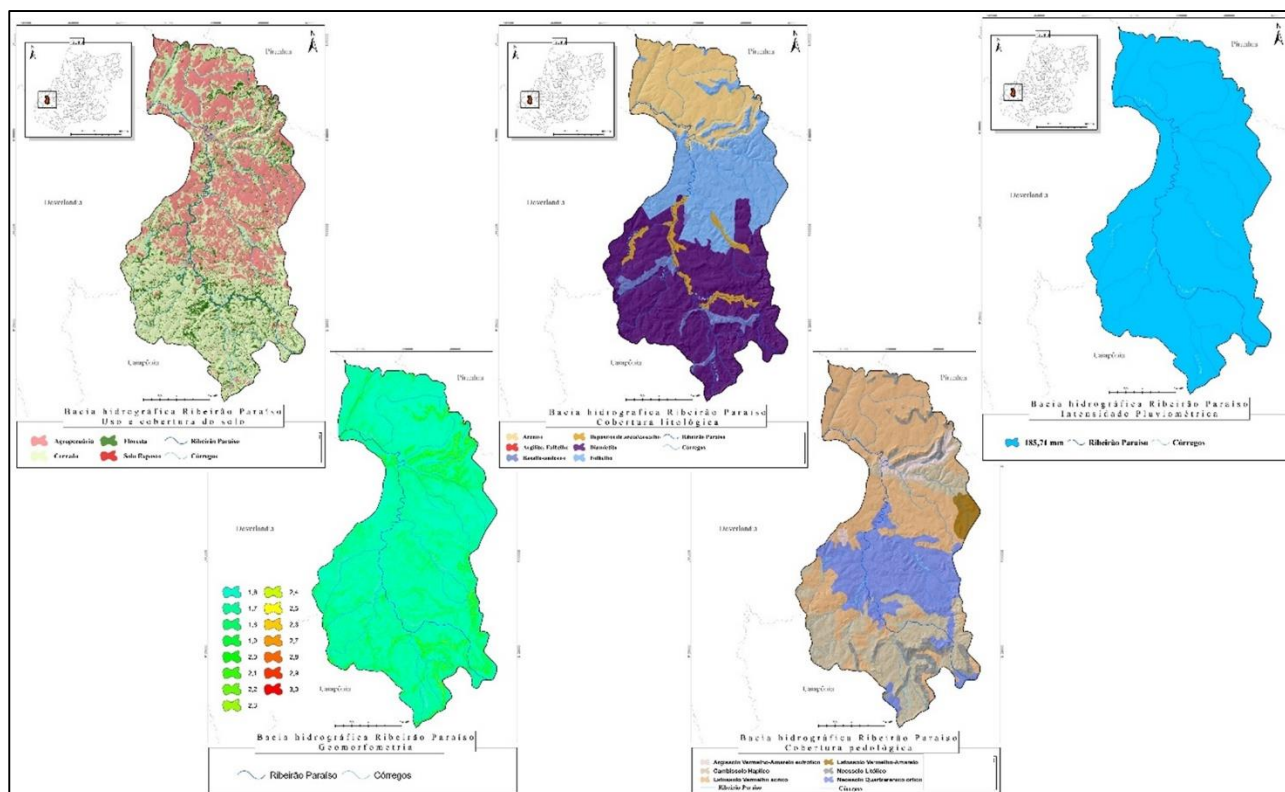


Figura 5 – Mapas dos fatores de análise da metodologia de Crepani et al. (2001), da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, GO.

A bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, apresenta em sua extensão a litologia referente a folhelhos, basaltos-andesitos, diamictito, arenito, siltito, argilito e depósitos de areia e cascalho. A análise dessas classes indica que a litologia encontrada é de fácil desagregação, principalmente quando exposta a fatores intempéricos como a água. Os níveis de suscetibilidade geológica de menor grau foram atribuídos ao basalto, 1,5; os

depósitos de areia e cascalho, derivados da desagregação de rochas como o arenito, associados à litologias mais frágeis, classificadas como de maior vulnerabilidade à erosão, atribui-se 3,0. O diamictito e siltito correspondem ao 2,5; para os folhelhos, 2,8; e os arenitos com valor de vulnerabilidade 2,4. Os valores de suscetibilidade empregados para cada classe geológica estão exemplificados na tabela 1.

Tabela 1 – Valores de suscetibilidade Geológica empregados para a bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, organizado pelos autores, 2021.

Geologia	Valores de suscetibilidade
Arenito	2,4
Basalto – Andesito	1,5
Depósitos de areia/cascalho	3,0
Diamictito	2,5
Folhelho	2,8

No que diz respeito aos resultados geomorfológicos, observa-se que as inclinações na bacia hidrográfica vão de 0% a 73,1%. A maior parte da área apresenta relevo plano a levemente ondulado, que são representados por aproximadamente 70% da área de estudo, sendo também apresentados relevos ondulados, fortemente ondulados e uma pequena porção por

relevo montanhoso, expressos pelos pontos com maior declive do relevo (tabela 2)

A amplitude altimétrica que chega a 250 metros, e é considerada por Muñoz e Valeriano (2011) como o grau de entalhamento dos vales, também chamado de amplitude altimétrica. Segundo os autores, esse fator de análise caracteriza-se pela distância vertical entre os pontos da superfície topográfica e sua projeção

numa superfície de referência arbitrária, contendo valores de pontos altimétricos máximos, dentro de uma área de medição unitária (tabela 3). A dissecação horizontal do relevo foi classificada com intervalos de 6m a 254m, a partir desses resultados para esse fator, elucida-se que de acordo

com Crepani et al. (2001), quanto maiores forem os interflúvios ou menor for a intensidade de dissecação, menores são os valores de suscetibilidade a serem atribuídos, ou seja, mais próximo da estabilidade (tabela 4).

Tabela 2 - Valores de suscetibilidade empregada para o fator declividade da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, conforme Crepani et al. (2001), organizado pelos autores, 2021.

Declividade (%)	Suscetibilidade	Declividade (%)	Suscetibilidade	Declividade (%)	Suscetibilidade
<3,5	1,0	17,4 - 19,8	1,7	34,6 - 37,2	2,4
3,5 - 5,8	1,1	19,8 - 22,2	1,8	37,2 - 39,8	2,5
5,8 - 8,2	1,2	22,2 - 24,5	1,9	39,8 - 42,4	2,6
8,2 - 10,3	1,3	24,5 - 27,2	2,0	42,4 - 45,3	2,7
10,3 - 12,9	1,4	27,2 - 29,6	2,1	45,3 - 48,1	2,8
12,9 - 15,1	1,5	29,6 - 32,1	2,2	48,1 - 50	2,9
15,1 - 17,4	1,6	32,1 - 34,6	2,3	>50	3,0

Tabela 3 - Valores de suscetibilidade empregada para o fator amplitude altimétrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, conforme Crepani et al. (2001), organizado pelos autores, 2021.

Amp. Alt (m)	valores de susc.	Amp. Alt (m)	valores de susc.	Amp. Alt (m)	valores de susc.
<20	1,0	77 - 84,5	1,7	141,5 - 151	2,4
20-29,5	1,1	84,5 - 94	1,8	151 - 160,5	2,5
29,5 - 39	1,2	94 - 103,5	1,9	160,5 - 170	2,6
39 - 48,5	1,3	103,5 - 113	2,0	170 - 179,5	2,7
48,5 - 58	1,4	113 - 122,5	2,1	179,5 - 189	2,8
58 - 67,5	1,5	122,5 - 132	2,2	189 - 200	2,9
67,5 - 77	1,6	132 - 141,5	2,3	>200	3,0

Tabela 4 - Valores de suscetibilidade empregada para o fator dissecação horizontal do relevo da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, conforme Crepani et al. (2001), organizado pelos autores, 2021.

Dissecação (m)	Valores de suscetibilidade
<254	3,0

A partir da análise desses indicadores apresentados na figura 5 e nas tabelas 2, 3 e 4, observa-se que a suscetibilidade geomorfológica da área é maior em pontos onde ocorre maiores declives e maiores amplitudes.

A bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso apresenta em maior quantidade os Latossolos, os quais podem ser divididos em Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho ácrico. Apresentam textura argilosa e ocorrência em relevo plano. A área apresenta outros três tipos de solos Neossolo, Cambissolo e Argissolo. O Cambissolo Háptico distrófico é caracterizado pela baixa fertilidade natural, apresentando pouca profundidade e

pequena diferenciação entre horizontes. Os Latossolos Vermelho-Amarelo possui alto teor de areia e/ou estrutura granular, que contribui para uma porosidade efetiva alta, consequentemente, possui uma boa drenagem, e baixa fertilidade natural. O neossolo quartzarênico órtico é bem desenvolvido e profundo, bastante suscetível à erosão, especialmente quando sujeito a grandes concentrações de água. A partir dessas características e tomando por base os valores sugeridos por Crepani et al. (2001), segue abaixo os valores de suscetibilidade empregados para cada classe de solos da referida bacia hidrográfica (tabela 5).

Tabela 5 - Valores de suscetibilidade empregada para o fator solos da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, conforme Crepani et al. (2001), organizado pelos autores, 2021.

Classe de solo	Valores de suscetibilidade
Neossolo Litólico	1,0
Neossolo Quartzarênico Órtico	3,0
Cambissolos Háplico	2,5
Argissolo Vermelho-Amarelo	2,0
Latossolo Vermelho-Amarelo	1,3
Latossolo Vermelho Ácrico	1,0

A região apresenta usos e coberturas majoritariamente representados por Cerrado, e abriga grandes áreas cobertas por pastagem. A região foi alvo de grandes investimentos agrícolas, devido ao relevo plano que facilita a mecanização (Faria e Silva., 2020; Nunes e Castro, 2021). Com as classes de uso e cobertura da terra (floresta, cerrado, agropecuária e solo exposto) da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, nota-se que a região central da bacia é tida para o manejo da agricultura e/ou utilizado como pastagem. As florestas e Cerrado são basicamente encontradas em proximidade, majoritariamente em regiões com presença de curso hídrico, apresentando matas

ciliares e matas galeria. Grandes áreas de relevo plano são caracterizadas pela ocorrência de solos mais pobres (distróficos) e de baixa aptidão agrícola, são comumente utilizados para a pastagem e pecuária bovina, que é o tipo de uso mais intenso na região. A tabela 6 representa os valores de suscetibilidade para cada uma dessas classes de uso apresentadas.

No que diz respeito a intensidade pluviométrica, a intensidade média mensal foi caracterizada inicialmente em 164,24 mm, alcançando valor máximo de 185,71 mm. Os valores de suscetibilidade da intensidade pluviométrica são apresentados na tabela 7.

Tabela 6 - Valores de suscetibilidade empregada para o fator uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, conforme Crepani et al. (2001), organizado pelos autores, 2021.

Uso e cobertura do solo	Valores de suscetibilidade
Floresta	1,0
Cerrado	1,5
Agropecuária	3,0
Solo Exposto	3,0

Tabela 7 - Valores de suscetibilidade empregada para o fator intensidade pluviométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, conforme Crepani et al. (2001), organizado pelos autores, 2021.

Intensidade pluviométrica. (mm/mês)	Valores de suscetibilidade
150 - 175	1,5
175 - 200	1,6

Mediante a análise e integração dos fatores citados anteriormente, obteve-se o mapeamento do indicativo de suscetibilidade ambiental, o qual apresentou os seguintes dados: a bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso apresenta valores que vão de 1,0 (estável) a 2,5 (moderadamente vulnerável). A maior parcela da área foi identificada a classe

medianamente estável/vulnerável, que compreende cerca de 78%. O grau denominado moderadamente estável apresentou 17%. O grau moderadamente vulnerável em porcentagem representa 4%. E, por fim, o grau de suscetibilidade estável, com 0,4%, constituindo a menor área do mapeamento (figura 6).

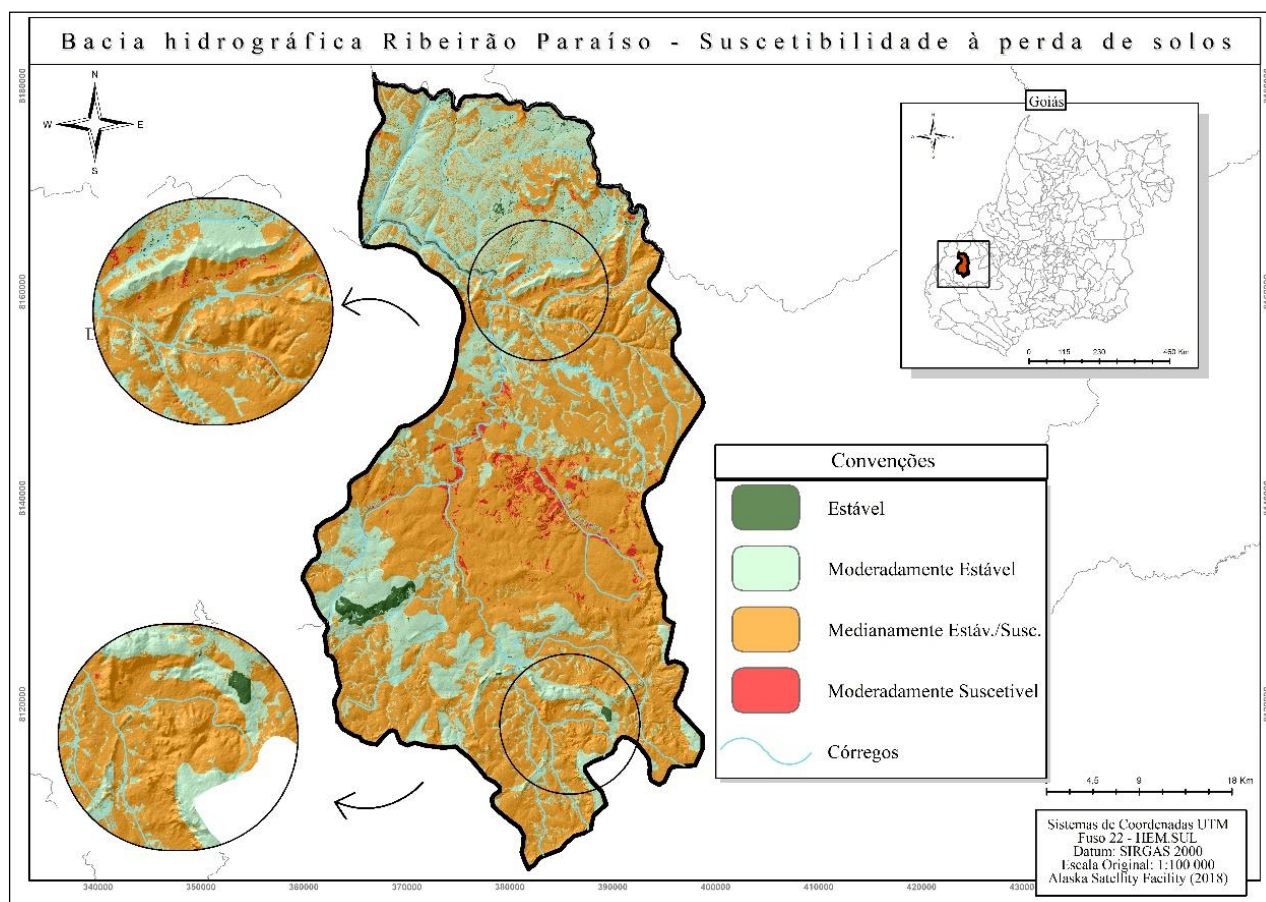


Figura 6- Indicativo de suscetibilidade ambiental à erosão da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, GO.

Considerando-se os processos de dinâmica morfológica característicos da bacia analisada e a relação entre os atributos, as áreas correspondentes às suscetibilidades mais baixas (estável e moderadamente estável) estão ocupadas geralmente por florestas, matas de galeria e Cerrado e inseridas em relevos médios ondulados, correspondentes às margens dos principais cursos d'água dessa bacia. Há também solos mais profundos e intemperizados nessas áreas, como latossolos vermelho e amarelo.

Analisando a interação das variáveis pelos mapas elaborados e pelo mapeamento apresentado, a classe moderadamente estável/vulnerável representa a maior parte da bacia, onde majoritariamente se desenvolve atividades humanas como agricultura, pastagem e solo descoberto. Esta categoria também expressa valor em encostas íngremes, relevos ondulados, erosão recuante, colinas e áreas montanhosas.

Também são destacadas duas áreas do mapeamento, em que se observa a suscetibilidade medianamente estável/vulnerável e alguns polígonos da classe moderadamente vulnerável. Nessas áreas, as relações predominantes são caracterizadas pelas suscetibilidades induzidas por

fatores naturais, ocasionadas principalmente pelas inclinações do relevo mais acentuado, em conjunto da litologia quartzarênica e solos mais frágeis, com pouca ou ausência de interferência antrópica, representando uma suscetibilidade natural à perda de solos.

As regiões mapeadas com maior suscetibilidade, localizam-se majoritariamente na parte central, o que evidencia uma relação à existência de relevo ondulado, a litologia composta principalmente por arenito e presença de solos arenosos, bem como intenso uso agropecuário. Como já comentado, a retirada ou a conversão da cobertura vegetal em pasto, associado aos outros fatores analisados incidem em áreas de maior suscetibilidade, confirmado pelo mapeamento apresentado, reafirmando, assim, a importância da vegetação na estabilidade da dinâmica da paisagem.

Considerações finais

A tarefa de comprovar que o homem se constituiu o principal agente modificador dos componentes do meio físico-natural sempre foi uma atividade de baixa complexidade para a

Ciência, as quais, por muitas vezes, influem de forma negativa, tornando tais alterações em atividades condutoras à suscetibilidade ambiental; estas sim, em alguns casos, de complexa mitigação ou recuperação.

Colocando os recursos hídricos como foco de análise, salienta-se que, na medida em que os processos de degradação ambiental e uso desmedido se intensificam, desdobram-se consequências que vão desde a migração desse recurso para ecossistemas mais bem conservados, pelo ciclo natural da água, até a disponibilidade e o comprometimento da qualidade desse recurso nos corpos hídricos; sinalizando que a gestão integrada de bacias hidrográficas assume uma importância cada vez mais notória. Nesse cenário, a teoria geossistêmica apresenta relevância de grande envergadura.

Ademais, a mediação de conhecimentos sistematizados neste artigo, permitiram reflexão sobre os conhecimentos e as contribuições da Geografia Física para os estudos desenvolvidos pela ciência geográfica, dos métodos de pesquisa desse campo científico voltados a abordagem da suscetibilidade ambiental de recursos hídricos, mediante uso da teoria geossistêmica e, conseqüentemente, possibilitou reafirmar e corroborar a tese de que a abordagem sistêmica se configura como um método de grande relevância no que tange aos estudos que buscam analisar e compreender os fenômenos e processos intrínsecos aos componentes físico-naturais do espaço geográfico e o papel desempenhado pelo ser humano ao explorá-los.

Referências

Alves, H. P. D. F., & Torres, H. D. G. 2006. Vulnerabilidade socioambiental na cidade de São Paulo: uma análise de famílias e domicílios em situação de pobreza e risco ambiental. São Paulo perspect, 44-60.

Amorim, R. R. 2012. Um novo olhar na geografia para os conceitos e aplicações de geossistemas, sistemas antrópicos e sistemas ambientais. Caminhos de Geografia, 13(41).

Ayach, L. R., de Souza, I. M., e da Silva, J. F. 2019. O planejamento das unidades de conservação a partir das bacias hidrográficas: uma análise da Área de Proteção Ambiental Estrada Parque Piraputanga, estado de Mato Grosso do Sul. Ciência Geográfica, (2), 390-409.

Braz, J. S., & Neto, R. M. 2021. As Unidades de Paisagem no município de Areado, sul de Minas Gerais: uma proposta de estudo ambiental

integrado a partir da concepção geossistêmica. Revista Brasileira de Geografia Física, 14(06), 3401-3416.

Bertalanffy, L. V. 1968. General systems theory. Foundations Development Applications. George Braziller: New York 2, 335-340.

Bertrand, G. 2004. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. Raega-O Espaço Geográfico em Análise, 8.

Bertrand, G., & Bertrand, C. 2007. Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Maringá: Massoni, 290-291.

Bolós, M. de. Problemática actual de los estudios de paisaje integrado. 1981. Revista geografia, vol. XV, número. 1-2. Universidad de Barcelona, Departamento de Geografia, 45-68.

Bressani L.A. & Costa E.A da. 2013. Mapeamento geotécnico: suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade técnica, risco e risco instalado. In: ABGE, Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 14, Anais, Rio de Janeiro: CD-ROM.

Capra, F., & Eichenberg, N. R. 2000. A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. São Paulo: Cultrix.

Campioli, P. F., & Vieira, C. V. 2019. Avaliação do Risco a Inundação na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte, Joinville/SC (Flood Risk Assessment in the Cubatão do Norte River Basin, Joinville/Santa Catarina–Brazil). Revista Brasileira de Geografia Física, 12(1), 124-138.

Chiavenato, I. (1993). Iniciación a la planeación y el control de la producción. In Iniciación a la planeación y el control de la producción (pp. 131-131).

Christofolletti, A. 1979. Análise de sistemas em geografia: introdução. Editora Hucitec, Editora da Universidade de São Paulo.

Christofolletti, A. 1999. Modelagem de sistemas ambientais. Editora Blucher.

Coutinho, R. Q. 2013. Parâmetros para a cartografia geotécnica e diretrizes para medidas de intervenção de áreas sujeitas a desastres naturais. Documento Técnico. Convênio Ministério das Cidades. Recife: GEGEP/UFPE.

Crepani, E., Medeiros, J. D., Hernandez Filho, P., Florenzano, T. G., Duarte, V., & Barbosa, C. C. F. 2001. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial (p. 124). São José dos Campos: Inpe.

Cutter, S. L. 1996. Vulnerability to environmental hazards. Progress in human geography, 20(4), 529-539.

- Cutter, S. L. (Ed.). 1994. Environmental risks and hazards. Prentice Hall.
- Dellargine, F. L., de Souza, D. S. L., de Mira, Í. R. C., Silva, G. T. G., & da Silva, M. L. 2020. Análise da Vulnerabilidade Ambiental do Município de Inconfidentes-MG. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(07), 3602-3624.
- Diniz, N. C. 2012. Cartografia geotécnica por classificação de unidades de terreno e avaliação de suscetibilidade e aptidão. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, 2(2), 29-78.
- ERHART, H. 1966. A teoria bio-resistásica e os problemas biogeográficos e paleobiológicos. *Not. geomorfol*, 6, 51-8.
- Faria, K. M. S., & Silva, E. V. 2020. Dinâmica das paisagens antropogênicas na microrregião do Vão do Paraná (GO). *Revista Geográfica Acadêmica*, 14(2), 141-152.
- Ferri, G. K., & Berté, R. 2020. Alterações históricas na paisagem entre os rios Canoas e Pelotas, SC. *Revista Meio Ambiente E Sustentabilidade*, 17(8). <https://doi.org/10.22292/mas.v17i8.901>
- Garcia, R. 2006. Sistemas Complexos: Conceitos, método e fundamentação epistemológica da pesquisa interdisciplinar. Barcelona- Espanha: Editora Gedisa.
- Girão, Í. R. F., Rabelo, D. R., & Zanella, M. E. 2018. Análise teórica dos conceitos: Riscos Socioambientais, Vulnerabilidade e Suscetibilidade. *Revista de Geociências do Nordeste*, 4, 71-83.
- Guerra, F. S. 2020. Geoecologia Das Paisagens Aplicada Ao Planejamento E Gestão Ambiental Em Regiões Semiáridas. *Revista Homem, Espaço e Tempo*, 14(1), 79-96.
- Leal, J. M. 2019. Vulnerabilidade ambiental no município de São Miguel do Tapuio, Piauí: Bases para o ordenamento territorial. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 12, 02. 608-621
- Lima, G., de Brito, A. G. M., & Farias, J. F. 2021. Um resgate a obra de Georges Bertrand: contribuições teóricas e metodológicas na análise da paisagem. *Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade*, 3(01), 03-20.
- Lima, M. M. P., & Silva, L. D. 2018. Análise da vulnerabilidade natural da bacia hidrográfica do rio Banabuiú, com apoio de geotecnologia. *Revista Brasileira de Geografia Física [online]*, 11, 1442-1457.
- Lima, M. M. P., Silva, L., 2018. Análise da vulnerabilidade natural da bacia hidrográfica do rio Banabuiú, com apoio de geotecnologia. *Revista Brasileira de Geografia Física* 11. 1442-1457.
- Lopes, E. C., de Sousa, J. F. P., de Miranda Gonçalves, L. P., & Viana, R. F. 2021. Estudo de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações na região urbana de Patos de Minas, Minas Gerais. *RCMOS-Revista Científica Multidisciplinar O Saber*, 6(6).
- Lopes, E.R.N et al., 2019. Avaliação do risco de inundação em Sorocaba - Brasil, usando lógica e geotecnologia fuzzy. *Brazilian Journal of Development* 5, 1422-1434.
- Lopes, M. S., & Saldanha, D. L. 2016. Análise de vulnerabilidade natural à erosão como subsídio ao planejamento ambiental do oeste da bacia hidrográfica do Camaquã - RS. *Revista Brasileira De Cartografia*, 68(9).
- Marques, M. L., Silva M. C., Camargo, D. M., 2017. Análise espacial da vulnerabilidade socioambiental no Município de Campinas, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Cartografia* 69, 1857-1870.
- Moreira, G., Maia, J. L., Silva, J. P. O., & Vieira, E. M. 2022. Diagnóstico da disponibilidade hídrica superficial da bacia hidrográfica do rio Suaçuí-MG e os impactos dos usos insignificantes de água. *Research, Society and Development*, 11(3), e0311325988-e0311325988.
- Morin, J., & Benyamini, Y. 1977. Rainfall infiltration into bare soils. *Water Resources Research*, 13(5), 813-817.
- Nicolau, F. R. 2018. Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos da bacia hidrográfica do Rio Do Peixe-Goiás. *Caminhos de Geografia*, 19(66), 285-296.
- Nunes, E. D., & Castro, S. S. 2021. Degradação de fitofisionomias do Cerrado e impactos erosivos hídricos lineares no sudoeste de Goiás – Brasil. *Sociedade & Natureza*, 33. <https://doi.org/10.14393/SN-v33-2021-60606>.
- Oliveira, J. G., Santos, L. J. C., & Calegari, M. R. 2020. Relação solo-relevo em sistema pedológico argissolo-neossolo quartzarênico na região noroeste do estado do Paraná: caso de Amaporã. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 21(3).
- Pereira, F.A., Aliprandi, D.C., 2019. Identificação das unidades de paisagem em trecho do centro da cidade de Macaé, Rio de Janeiro, Brasil. *Paisagem e Ambiente [online]* 30.
- Ribeiro, F. L., & Campos, S. 2007. Vulnerabilidade à erosão do solo da região do Alto Rio Pardo, Pardinho, SP. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, 11, 628-636.

- Rodrigues, A. D. L., & CASTRO, P. D. T. A. 2008. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 13(1), 161-170.
- Rodrigues, H. C. T., da Silva Campos, P. S., Almeida, H. F. P., Paiva, P. F. P. R., dos Santos Junior, P. C., Marques, G. T., & Chase, O. A. 2020. Análise da vulnerabilidade ambiental do município de Barcarena-PA. *Brazilian Journal of Development*, 6(1), 1598-1612.
- Rodríguez, J. M. M.; Silva, E. V; Vicens, R. S. 2015. O legado de Sothava. *GEOgraphia*. 17.
- Rosolém, N. P., & Archela, R. S. 2010. Geossistema, território e paisagem como método de análise geográfica. VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, Universidade de Coimbra. Disponível em www.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema1/nathalia.
- Ross, J. Análises e Sínteses na Abordagem Geográfica da Pesquisa para o Planejamento Ambiental-Revista do Departamento de Geografia-USP-FFLCH-1994. ROSS, JLS-Geomorfologia Aplicada aos EIAS-RIMAS-in Geomorfologia e Meio Ambiente-Bertrand-Brazil Rio de Janeiro-1994.
- Santos, J. D. O. 2015. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. *Mercator (Fortaleza)*, 14, 75-90.
- Santos, L.S., Nahum, J.S., Santos, C.B., Júnior, O.M.S., 2019. Paisagem rural da microrregião de Tomé-Açu sob a ótica bertrandiana. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 12. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/242041/34638>. Acesso: 10 ago. 2021.
- Santos, P. T., & Martins, A. P. 2018. Análise da Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Claro (GO) Utilizando Geotecnologias. *Revista do Departamento de Geografia*, 36, 155-170.
- Santos, J. G. R. dos; Castro, S. S., 2020. Metodologia de avaliação de sustentabilidade de Projetos de assentamento rural aplicada à região do Nordeste goiano, estado de Goiás. *Revista NERA*, 23, 231-259.
- Santos, J. G. R., & Castro, S. S. 2019. Análise da sustentabilidade de projetos de assentamentos rurais em Goiás. *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, 23(2), 394-416.
- Sobreira, F. G., & Souza, L. D. 2012. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, 2(1), 79-97.
- Sobala, M., Kurda, K.P., Siesicka, A.Z., 2019. The delimitation of landscape units for the planning of protection – the example of the forests by upper liswarta landscape park. *Quaestiones Geographicae* [online] 38. Disponível: <https://www.sciendo.com/article/10.2478/quag-eo-2019-0002>.
- Soctchava, V. B. 1977 O Estudo de Geossistemas. Métodos em questão, 16. IG-USP. São Paulo.
- Souza, J. C. O., & de Barros Corrêa, A. C. 2013. O Estudo Da Natureza Na Geografia Física Em Uma Perspectiva Geossistêmica. *REVISTA EQUADOR*, 2(1), 96-117.
- Sutil, S. C., Gonçalves, J. A. C., & Vieira, E. M. 2020. Análise comparativa da fragilidade ambiental da bacia do rio Piracicaba a partir da aplicação de dois modelos metodológicos: suporte para o estabelecimento e proposição de Corredores Ecológicos. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(06), 3060-3077.
- Tavares, K. S. R; Romão, P. A; Oliveira, I. J. 2020. Vulnerabilidade Ambiental no Município de São Domingos – Go. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13. 2212-2232.
- Tiburan Jr., C.; Saizen, I.; Kobayashi, S., 2013 Geospatial-based vulnerability assessment of an urban watershed. In: The 3rd International Conference on Sustainable Future for Human Security SUSTAIN 2012. *Procedia Environmental Sciences*, 12, 263-269.
- Tran, L.T.; O’neill, R.V.; Smith, E. R. A., 2012 watershed-based method for environmental vulnerability assessment with a case study of the Mid-Atlantic region. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 34, 58-6.
- Tricart, J. 1977. **Ecodinâmica**. IBGE, Rio de Janeiro.
- TROPMAIR, H. 2004. Sistemas, geossistemas, geossistemas paulistas, ecologia da paisagem. Rio Claro: edição do autor.
- TUCCI, C. E. 2010. Urbanização e recursos hídricos. *Águas do Brasil: Análises Estratégicas*, São Paulo, Instituto de Botânica, 113-128.
- Valeriano, M. M., & Munoz, V. V. 2011. Estimativa da amplitude topográfica por geoprocessamento de dados SRTM para modelagem do relevo. *Geografia*, 36(1), 107-120.
- Virtuoso, J. C., Carlyle Torres Bezerra de Menezes, C. T. B. de M., e Viviane Kraieski de Assunção, V. K. de A. 2020. As dinâmicas de poder na apropriação dos recursos hídricos: estudo de

- caso da bacia hidrográfica do rio Urussanga, SC. Gaia Scientia, 14(4). <https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2020v14n4.55058>
- Von Bertalanffy, L. 1975. The theory of open systems in physics and biology. Science, 111(2872), 23-29.
- Zanella, M. E., Olímpio, J. L., Costa, M. C. L., & Dantas, E. W. C. 2013. Vulnerabilidade socioambiental do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE. Sociedade & Natureza, 25, 317-332.
- Zeni, V. L. F., Faccob, J., & Scheibec, L. F. 2019. Abordagem Geossistêmica aplicada aos recursos hídricos do Estado de Santa Catarina–Brasil.