

FUNDAMENTO TEÓRICO METODOLÓGICO DA ANÁLISE DA PAISAGEM COMO INDICADOR PARA GESTÃO AMBIENTAL NUMA BACIA HIDROGRÁFICA

Pedro Herculano Arrone

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências da
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).
Professor da Universidade de Licungo, extensão Beira.
E-mail: pedroherculano07@yahoo.com.br

Raul Reis Amorim

Professor Livre Docente do Departamento de Geografia, Instituto de Geociências da
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).
E-mail: raulreis@unicamp.br

Resumo

A análise de paisagem reveste-se de grande importância para os processos de planejamento do uso e ocupação de terra na medida em que fornece dados integrados sobre as particularidades geobiofísicas de um território, não só sob ponto de vista das potencialidades e fragilidades, mas também sobre as interações mútuas que definem funcionalidades dentro do sistema como um todo. A análise de paisagem pode ser efetuada sob diversas perspectivas teóricas metodológicas, embora ambas tomam como base as interações que se estabelecem entre os diferentes elementos que compõem a paisagem. No presente artigo, objetiva-se apresentar algumas bases teóricas metodológicas e operacionais de análise da paisagem numa perspectiva geocológica voltada a Geografia, tomando como base o tema da tese de doutoramento em andamento, cujo título do projeto da tese é “Análise da dinâmica temporal e espacial da paisagem como indicador para gestão ambiental, estudo da Bacia hidrográfica do rio Púnguè em Moçambique”. Portanto, apresentam-se as dimensões e particularidades de análise da dinâmica paisagem com base nos enfoques funcional, estrutural e histórico antropogênico, passando pela necessidade de esclarecimento conceitos de paisagem, sistema, geossistema e bacia hidrográfica.

Palavras-chave: paisagem, funções, estrutura, geocologia, planejamento.

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATION OF LANDSCAPE ANALYSIS AS AN INDICATOR FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN A WATERSHED

Abstract

Landscape analysis are great important for the planning processes related to Land Use and Occupation as it provides integrated data about geobiophysical issues of the territory from the point of view of its potentialities and weakness and also about the mutual interactions that define its functionalities within the system as a whole. Landscape analysis can be carried out under different theoretic and methodological perspectives, although both are based on the interactions established among different elements that build the Landscape. In this article we present some theoretical, methodological and operational bases of Landscape analysis in a geocological perspective focused in geography and also based on the doctoral project of thesis in progress intituled "spatiotemporal analysis of Landscape dynamics as an indicator for environmental management at the Púnguè basin river in Mozambique". Here its shown the dimensionality and particularities of this dynamics based on functional, structural, historical and anthropogenic passing through the need of clarify concepts of Landscape, systems, geosystems and hydrographic basin.

Keywords: landscape, functions, structure, geoecology, planning.

Introdução

A paisagem como unidade espacial com particularidades geofísicas e socioeconômicas em interações recíprocas (VICENS, 2012), está sujeita a uma dinâmica, sendo que numa perspectiva de geossistema distingue-se a dinâmica em biostasia e a dinâmica em resistasia (BERTRAND, 2004), realçando-se neste caso particular, a dinâmica ligada a modificações de uso e ocupação de terra que pode ser sob alteração duma categoria para outra (floresta à pastagem) ou modificação dentro da mesma categoria (agricultura de subsistência à agricultura intensiva) (JANSEN e DI GREGORIO, 2002), podendo gerar impactos de ordem negativa quando as ocupações são desenvolvidas sem obedecer aos padrões de ordenamento territorial e uso de técnicas inadequadas (ZACHARIAS, 2010), demandando conhecimento das propriedades e funcionamento da paisagem, de modo a servir de base na definição de procedimentos que colaborem para gestão sustentável das condições e recursos naturais (AMORIM, REIS e FERREIRA, 2017).

Para Paungartten, Bordalo e Lima (2016), as bacias hidrográficas, como unidades naturais de paisagens, são áreas extremamente sensíveis a pequenas mudanças (naturais e antrópicas), sendo que a alteração paisagística afeta a sustentabilidade dos seus recursos hídricos (superficiais e subterrâneos). O mesmo assunto é defendido pelo Gvozdetskiy *et al* (1976) ao sustentar que as modificações naturais e ambientais sob ações antrópicas estão sendo aceleradas em relação a propriedade de homeostase do ambiente natural. Portanto, o conhecimento destes sistemas através da caracterização de seus constituintes físicos e processos de funcionamento, associados às tipologias de uso e ocupação, configura-se como um atributo essencial na busca de soluções em processos de gestão ambiental.

A pertinência dos conhecimentos dos elementos da paisagem para o alcance da sustentabilidade é fundamentada pelo Amorim, Reis e Ferreira (2017, p. 8), ao afirmar que “o geossistema compõe o embasamento paisagístico, o quadro referencial para serem inseridos os programas de desenvolvimento, nas escalas locais, regionais e nacionais”.

Entretanto, numa perspectiva específica da bacia hidrográfica do rio Púnguè em Moçambique, raros são estudos sobre dinâmica dos usos e ocupação de terras e consequente transformação da paisagem, marcando a insuficiência de conhecimentos sistematizados (banco de dados) que possam sustentar os processos de gestão ambiental.

A bacia hidrográfica do rio Púnguè é caracterizada por uma diversidade de usos e formas de ocupação de terra (ocupação por habitações, atividades agrícolas tanto de subsistência como mecanizadas, sistemas de captação de água, pastagem, mineração artesanal, exploração de madeira, etc.), supondo-se que estas ações podem estar a desenvolver influência significativa em relação a dinâmica da paisagem, acelerando-se com a questão da variabilidade climática que vem se registando nos últimos tempos, caracterizada basicamente pela distribuição irregular e concentração das chuvas em períodos curtos durante o ano.

Neste artigo, a abordagem centra-se na apresentação dos fundamentos teóricos metodológicos da análise da dinâmica da paisagem, almejando aferir fragilidades/riscos e os impactos ambientais associados, passando pela necessidade da identificação das potencialidades e fragilidades ambientais, tomando como exemplo de análise a bacia hidrográfica do rio Púnguè na região central de Moçambique. A bacia hidrográfica do rio Púnguè, abrange dois países (Zimbabwe e Moçambique) com uma área total de 31,151 km², dos quais 1,461 km² (4.7%) no Zimbabwe, e 29,690 km² (95.3%) em Moçambique. Portanto, o estudo recai apenas na parte moçambicana, particularmente nas províncias de Sofala e Manica.

Fundamentos conceituais da análise da paisagem

O objeto de estudo que se toma em consideração na presente análise é uma bacia hidrográfica que se concebe nesta abordagem em diversas vertentes, mas convergentes, como paisagem, como geossistema e como unidade de planeamento. A bacia hidrográfica como unidade de paisagem resulta da interação mútua de processos de ordem natural e antrópicos, caracterizado por uma estrutura e com um conteúdo dinâmico e evolutivo (AMORIM, REIS e FERREIRA, 2017).

O conceito de paisagem possui diversas interpretações conforme a finalidade e área de atuação de quem a analisa. A paisagem recebe variadas denominações em função da origem dos elementos que o compõem, podendo ser natural, cultural, antroponatural e social.

Entretanto, no presente trabalho, concebe-se a paisagem como resultado da combinação intrínseca dos elementos de ordem natural, tanto da geodinâmica interna da terra, como da atuação dos agentes externos e os elementos e processos de ordem antrópica.

Para Maximiano (2004 p. 87) “entre os geógrafos há um consenso de que a paisagem, embora tenha sido estudada sob ênfases diferenciadas, resulta da relação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos”.

A paisagem é definida como um conjunto inter-relacionado de formações naturais e antroponaturais (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2004), portanto, envolve jogo de forças endógenas e exógenas, incluindo as ações antrópicas.

Segundo Bertrand (2004 p. 141) “a paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos”.

Como pode se perceber nas diferentes abordagens dos autores acima referenciados, a noção da paisagem não se limita apenas fisionomia ou feições, envolve também a funcionalidade. Parte-se do princípio de que a fisionomia ou feição resulta da existência da matéria e essa matéria tem origem em diversos processos desencadeados pelas forças energéticas dos diferentes elementos e atributos.

A paisagem tem estrutura (forma e arranjo espacial), conferindo a certo panorama de determinado espaço geográfico, sendo que essa forma e arranjo espacial resulta da combinação dos diferentes elementos que variam no espaço e no tempo, pelo que o conteúdo da paisagem é dinâmico e evolutivo.

A paisagem se evidencia pela aparência visual, a fisionomia ou forma, mas é necessário ter o entendimento dela como um todo, levando em conta todos os elementos integrantes e as relações mútuas que se estabelecem entre eles, pois, é através destes elementos e processos de troca de matéria e energia que se estabelece a feição e a diferenciação temporal e espacial.

Estrutura da paisagem refere-se a configuração específica dos elementos da paisagem, quanto ao tamanho e a forma, tipo e distribuição quantitativa, incluindo o seu arranjo no espaço (LANG e BLASCHKE, 2009).

A estrutura da paisagem tem seu fundamento de origem na compartimentação e combinações específicas da própria paisagem, caracterizada por uma variação espacial das variáveis, das diferentes feições ou formas, que se vislumbram em diferentes unidades de paisagens.

Na estrutura da paisagem existe a horizontal e a vertical. Beroutchachvili e Radvanyi (1978) estabelecem a estrutura vertical da paisagem numa perspectiva geossistema, definindo quatro níveis básicos de cima para baixo, nomeadamente: o nível aéreo (atmosfera), a

vegetação, o solo e a rocha mãe, tendo em conta a interligação entre eles através de processos operacionais (transferência de matéria e energia). Os autores acima referenciados chamam a estes níveis verticais da paisagem, de geohorizontes.

Portanto, a estrutura vertical da paisagem envolve os elementos da paisagem e seus atributos, interligados entre si em forma de sobreposição em espécie de camadas, havendo transferência de matéria e energia na forma vertical, sendo que os processos químicos e mecânicos na estrutura vertical da paisagem são influenciados principalmente pela energia solar e pela força de gravidade.

Por outro lado, “a estrutura horizontal da paisagem corresponde ao padrão específico ou à apresentação externa da paisagem. Ela se origina por meio de um determinado ordenamento ou sequência (catenas) de unidades homogêneas da paisagem” (LANG e BLASCHKE; 2009, p.107).

Portanto, a estrutura horizontal da paisagem se define mais pela fisionomia, caracterizada por certa homogeneidade, mas também por certa heterogeneidade devido a constituição por “patch” (superfícies delimitadas embora não literalmente, entretanto com aparência distinta às áreas adjacentes), apresentando limites difusos.

Quanto a funções da paisagem, referenciar que se associam as interações mútuas, através da troca de matéria e energia entre os diferentes elementos que compõem a paisagem. A paisagem desempenha determinadas funções que estão associadas a processos naturais elementares, sendo que as características funcionais agregam-se em: funções ecológicas (habitat, proteção, regulação e recuperação) e por outro lado, tem funções de ordem socioeconômica nomeadamente: função de informação, função de moradia, função de lazer e função de produção (LANG e BLASCHKE, 2009).

Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004, p. 142) “estado funcional da paisagem, a uma determinada correlação dos parâmetros da estrutura e funcionamento em um prazo de tempo dado no qual um impacto de entrada concreta ao sistema transforma-se em determinadas funções de saída”.

Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004, p. 128) defendem ainda que “o fundamento energético da circulação e intercambio da substancias de paisagem está formado pela energia solar, endógena, gravitacional, do escoamento, movimento de massas de ar, e energia das relações bioquímicas”.

O funcionamento da paisagem determina-se pelo cumprimento das funções e ações, nos processos de transmissão de matéria, energia e informação no âmbito de interação dos

diferentes elementos que compõem o sistema, constituindo a base para conservação e estabilidade dos sistemas. O resultado do funcionamento da paisagem como sistema manifesta-se pelo aparecimento de novas substâncias sintetizadas, elementos e componentes que se reproduzem permanentemente (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2004).

De acordo ao Bastian (1993) *apud* Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004 p. 127) o funcionamento de paisagem é caracterizado pela ocorrência de processos mecânicos, físicos e biológicos simples que se resumem nos seguintes:

Acumulação de umidade na superfície e no solo; redistribuição da umidade nas partes estruturais da paisagem (hidratação e desidratação); transpiração da umidade e enriquecimento de microelementos pela água; absorção de energia na fotossíntese; acumulação de fitomassa; ingresso de energia; mineralização do húmus; intemperismo dos minerais das rochas; ascensão capilar das soluções; e metabolismo dos micro-organismos.

No âmbito da função de produção dos componentes e fatores do geossistema Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004), sustenta que se pode distinguir as funções de diferentes componentes nomeadamente: Função do componente litogeomorfológico (garantir a matéria prima no sistema, redistribuição da matéria, energia e informação e defesa em relação a processos destrutivos); função do componente hidro climatológico (armazenamento e auto purificação da água); função do componente pedobiótico (garantir os processos de decomposição da matéria e de formação de meios, a resistência nos processos destrutivos do solo, a reprodução, regeneração, auto renovação e manutenção de espécies e populações, a regulação das mesmas e a conservação do fundo genético) e a função de válvula de interação (manutenção do sistema corrente como medida para garantir o auto regulamento).

Portanto, as funções da paisagem resultam das interações que se desencadeiam entre os diferentes elementos e respectivos atributos, através da troca e transferência de matéria e energia que garantem a ocorrência de processos, determinado a dinâmica dos elementos e consequentemente da própria paisagem.

O sistema entende-se como um conjunto complexo de elementos e seus atributos (qualidades dos elementos), com fluxo de matéria e energia, estabelecendo relações recíprocas que determinam a certa organização e conduzindo a uma determinada finalidade (MORIN, 1977; CHRISTOFOLETTI, 1979).

Christofoletti (1979) adverte que em sistema é necessário ter em conta a matéria (material a ser mobilizado), a energia (potencial e cinética) e a estrutura (arranjo dos componentes), sendo que na estrutura devem-se considerar algumas características como

tamanho (determinado pelo número de variáveis), correlação (simples e canônica) e casualidade (independente e dependente).

A noção de sistema também é discutida pelo Bertalanffy (1975) que também comunga a ideia de existência de diversos elementos em interações mútuas e com certa organização, pois na sua abordagem afirma que o sistema é constituído por partes com relações mútuas, com entrada (funcionamento do sistema) e saída (conversão de entradas em saídas), com uma certa organização que ganha entropia com o funcionamento do sistema, mas com uma certa resistência a alterações (homeostase).

Morin (1977) sustenta que a organização é a disposição de relações entre componentes ou indivíduos, que produz uma unidade complexa ou sistema, dotada de qualidades desconhecidas ao nível dos componentes ou indivíduos. A organização liga de modo inter-relacional, elementos ou acontecimentos ou indivíduos diversos que, a partir daí, se tornam os componentes dum todo.

Os sistemas caracterizam-se pelo propósito (finalidade única e que não pode ser satisfeita por parte isolada) e o carácter da totalidade/global (pelo carácter da interdependência, qualquer alteração sobre uma das partes, o efeito pode ser total) (BERTALANFFY, 1975; MORIN, 1977).

A partir das ideias dos autores acima citados percebe-se que sistema envolve uma diversidade de elementos, com propriedades e qualidades específicas, entretanto, interconectados e interdependentes, formando um todo através duma certa organização determinada pelas interconexões de mutualidade.

A existência do todo é determinada pela interconexão interdependente das partes e por outro lado, as particularidades das partes podem ser resultado da influencia do processo da troca da matéria e energia entre as partes que compõem o todo.

Importa salientar que a noção de sistema na presente abordagem se enquadra na perspectiva da teoria geral de sistemas, que na visão de Bertalanffy (1975) valoriza a questão interdisciplinar e carácter integradora, buscando princípios, modelos e leis gerais aplicáveis a todos os tipos de sistemas, constituindo uma das consequências da existência de propriedades gerais em sistemas, o aparecimento de semelhanças estruturais ou isomorfismos em diferentes campos.

Portanto, o termo sistema pode ser entendido como uma denominação geral, existindo uma diversidade de sistemas com particularidades em termos das características dos seus elementos, atributos e fluxos de matéria e energia, pelo que, em prol da noção da teoria

geral de sistemas não é de aplicação uniforme ou homogênea em todas as circunstâncias, obedecendo algumas particularidades em termos de variáveis dos modelos sistêmicos a aplicar para análise.

Bertalanffy (1975) nos remete a percepção a existência de sistemas físicos (materiais) e sistemas abstratos (imateriais), na ocorrência de sistemas abertos (susceptíveis a influências recíprocas com o entorno) e sistemas fechados (sem interação com o entorno).

Na mesma perspectiva de classificação de sistemas, Christofolletti (1979) apresenta dois critérios de distinção de sistemas, critério funcional e o da complexidade estrutural. No critério funcional, o Christofolletti (1979) subdivide em sistemas isolados (não recebem e nem perdem matéria e energia) e sistemas não isolados (trocam matéria e energia) e que por sua vez se subdividem em fechados (recebem e perdem energia, mas não a matéria) e sistemas abertos (troca de matéria e energia).

Tomando em consideração a noção de sistema acima descrita, a bacia hidrográfica, enquadra-se nesta perspectiva de sistema na medida em que envolve uma diversidade de elementos interligados numa forma interdependente entre si, que ocorre através do fluxo de matéria e energia, originado determinada organização. A bacia hidrográfica constitui um sistema à semelhança da noção da paisagem, pois, envolve uma diversidade de elementos (rochas, solos, vertentes, etc.) que desenvolvem relações recíprocas através da troca de matéria e energia, acionada pelas forças externas (exemplo: precipitação) e internas (exemplo: soerguimento de bloco de rochas). Com a interação das forças exercidas pelos diferentes elementos da bacia hidrográfica ou da paisagem, surgem transformações contínuas em diferentes contextos com base na intensidade dos processos de troca de matéria e energia.

Para fundamentar a visão de bacia hidrográfica como sistema, Christofolletti (1999) defende que a bacia hidrográfica corresponde a área drenada por um rio ou um conjunto de rios e que com esta definição, levando em conta a ordenação hierárquica, podemos distinguir as bacias de primeira ordem (somente com um rio) as de segunda ordem, as de terceira ordem e assim sucessivamente.

Portanto, para além da rede de drenagem que por si só já constitui um sistema ou subsistema, a bacia hidrográfica envolve também as vertentes, sendo que esta vertente a sua existência é determinada pela existência de rochas e solos e sobre eles, se ocorrem formas de vida que interferem nos processos de fluxos de matéria e energia. As particularidades das propriedades físicas e químicas dos solos, por exemplo, influenciam na variação espacial do processo de infiltração da água que entra na bacia através da precipitação, sendo estas

particularidades das propriedades dos solos pode ser associada às particularidades do grau de inclinação das vertentes, influenciando na variação espacial dos processos de escoamento superficial.

Para Christofolletti (1979) sistema em sequência envolve subsistemas relacionados por uma cascata de matérias e energia, sendo que posicionamento dos subsistemas é contíguo, e nesta sequência a saída (output) de matéria e energia de um subsistema torna-se a entrada (input) para o sistema de localização adjacente.

Na sequência Christofolletti (1999) sustenta que a cobertura vegetal, a superfície fotográfica, os solos e os aquíferos constituem a bacia hidrográfica, sendo que a precipitação responde pelas entradas da matéria e os processos de evapotranspiração, fluxos induzidos e transferências inter-bacias respondem pelas saídas de matéria.

Para Resende *et al* (2002, p. 241) “qualquer área da paisagem está numa bacia de drenagem, onde as variáveis componentes do balanço hídrico podem ser avaliadas de forma coerente para fins práticos”.

Segundo Christofolletti (1999, p. 173) “no sistema bacia hidrográfica, as características morfológicas das vertentes e dos canais fluviais e a dinâmica dos processos morfogenéticos e fluviais combinam-se para expressar a paisagem geomorfológica auto-organizada”.

Sob ponto de vista de bacia hidrográfica como geossistema, importa referenciar que, este, é também tido como sistema ambiental físico, representando a organização espacial resultante da interação dos elementos componentes físicos da natureza (clima, topografia, rochas, águas, vegetação, animais, solos), possuindo expressão espacial na superfície terrestre e representando a organização (sistema) composta por elementos, funcionamento através de fluxo de matéria e energia, dominante numa interação areal (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Para Sochava (1977) a concepção do geossistema envolve a conexão da natureza com a sociedade, pois, embora o geossistema tenha a conotação do natural, mas, todos os fatores econômicos e sociais influenciam sua estrutura e particularidades espaciais que são tomados em consideração na análise.

A necessidade de considerar a influência antrópica em geossistemas, também é defendida pelo Ross (2009) ao sustentar que embora os fenômenos em geossistemas tenham a base natural, não pode ser desconsiderada a influência dos fatores de ordem econômica e social nas diferentes conexões que se desencadeiam nos geossistemas.

Na sequência, Rodriguez e Silva (2019 p. 41) defendem que o geossistema define-se como um espaço terrestre de todas as dimensões, onde os componentes individuais da natureza se encontram em uma relação sistêmica uns com os outros, incluindo o efeito a sociedade humana.

Portanto, na abordagem dos diferentes autores, nota-se um entendimento de que o Geossistema resulta da combinação das particularidades da Geodiversidade e da biodiversidade, sob influência da sociodiversidade.

Segundo Dias e Perez Filho (2017, p. 5) “os geossistemas se manifestam em todos os níveis hierárquicos e que seu detalhamento vai depender da escala dimensional de análise utilizada para sua representação”.

A ideia de que os geossistemas como unidades naturais sob influência das ações antrópicas e que se manifesta em diferentes escalas é defendida por diferentes autores como Bertrand (2004) e Sochava (1971). Realçar que Bertrand (2004), na classificação de grandezas tempero-espaciais de unidades de paisagens, considera que os geossistemas enquadram-se nas unidades tempero-espaciais inferiores. Na sequência, Bertrand (2004) estabelece intervalo de dimensões em que se enquadram os geossistemas, considerando dimensões espaciais que vão de 100 a 10.000 km², escala esta em que se registra maior parte de interferências entre elementos da paisagem.

Portanto, a bacia hidrográfica constitui um exemplo prático de um geossistema, não só pela sua composição físico natural e das relações de interdependência entre os elementos, incluindo a interferência das ações antrópicas, mas também pelo seu enquadramento em relação aos critérios de classificação de unidades de paisagens usados por diferentes autores.

Segundo Gvozdetskiy *et al* (1976) na abordagem geográfica da paisagem, a análise de problemas de ordem antrópica, carece de estudos de operações geossistêmicas, correlacionado as condições naturais e antrópicas.

No presente trabalho, a abordagem é na base da análise centrada em ecologia de paisagens que busca o entendimento da interdependência espacial entre unidades de paisagens quanto ao seu funcionamento, isto é, busca a combinação de uma análise espacial aplicada em Geografia e o funcional da ecologia, focando-se nas relações horizontais e buscando os padrões de organização dos constituintes das unidades de paisagens com relação a sua influência no funcionamento (METZGER, 2001).

Numa perspectiva de abordagem geográfica, a ecologia da paisagem obedece duas origens, sendo que a primeira foi impulsionada por Troll (1971) e com forte influência da

Geografia Humana, da fitossociologia, da biogeografia e de disciplinas ligadas ao planejamento regional. Uma abordagem caracterizada pela preocupação pelo planejamento da ocupação territorial através o conhecimento de limites e potencialidades, o estudo de paisagens fundamentalmente modificadas pelo homem e análise de amplas áreas espaciais e temporais. Portanto, uma abordagem voltada para estudo das inter-relações do homem com seu espaço de vida. Nesta perspectiva, a paisagem tida como uma entidade visual e espacial total do espaço vivido pelo homem (TROLL, 1971 *apud* METZGER, 2001).

A segunda perspectiva do surgimento da ecologia da paisagem, com a abordagem geográfica, foi influenciada por biogeográficos e ecólogos, dando mais ênfase à paisagens naturais, à aplicação de conceitos de ecologia de paisagens para conservação da diversidade biológica e ao manejo de recursos naturais, não enfatizando obrigatoriamente macro escalas (METZGER, 2001) e centra-se no estudo dos efeitos da estrutura espacial da paisagem sobre os processos ecológicos (TURNER, 1989 *apud* METZGER, 2001).

Segundo Bertrand (2004) uma unidade de paisagem agrega todas as formas de energia (complementares, concorrentes, antagônicas), que estabelecendo relações recíprocas em relação às outras, determinam a evolução geral da paisagem. Entretanto, para efeitos de análise pode se separar três conjuntos do mesmo sistema: Sistema geomorfológico, a dinâmica biológica (envolve tapete vegetal e solos) e o sistema de exploração antrópica (influencia na erosão ou na modificação da vegetação e solos)

A análise da dinâmica da paisagem nesta proposta se baseia no enfoque funcional. O enfoque funcional busca o entendimento sobre os fluxos energéticos, biológicos, sociais e físicos na paisagem, incluindo a forma como estão estruturados e as relações funcionais entre os elementos (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2004 e VICENS, 2012).

Numa célula elementar do geossistema podem se distinguir as seguintes de funções geocológicas: função de força (o garante do movimento do sistema através da entrada e saída de matéria e energia), função de ingestão (vias de entrada de matéria e energia), função de armazenamento e suporte do sistema (armazenamento, a filtragem, amortização e a transmissão de fluxos de energia e matéria), função de produção dos componentes e fatores do geossistema (consiste em receber, absorver e consumir a energia, matéria e informação que ingressa no sistema) (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2004).

Entretanto, em alguns momentos do trabalho, buscaram-se alguns entendimentos de enfoques estrutural, que busca a compreensão sobre como a composição e os padrões de distribuição espacial dos elementos da paisagem se relacionam o que constitui base para o

estudo da função e mudanças da paisagem (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2004; VICENS, 2012), para além do enfoque histórico antropogênico na medida em que se analisam problemas, modificações e transformações da paisagem, sua classificação, características, os impactos geocológicos e a dinâmica antrópica das paisagens (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2004).

Fundamentos teóricos metodológicos e operacionais da análise da paisagem, tomando como objeto a bacia hidrográfica do Rio Púnguè

Duma forma geral, a pesquisa obedecerá às 4 etapas propostas pelo Libault (1971) *apud* Ross (2009) que se resumem em:

- **Compilatório** (levantamento, seleção e compilação das informações sobre as características e dinâmica do meio físico como geologia, geomorfologia, pedologia, climatologia e hidrologia; do meio biótico para além do meio socioeconômico como uso e ocupação de terra, demografia, atividades econômicas, condições de vida, aspectos socioculturais e jurídicos instrucionais). Estes dados serão obtidos a partir da consulta a referências bibliográficas que abordam a temática, consulta a cartas temáticas, recurso a imagens satélites e fotografias aéreas, para além de levantamentos de dados no campo.
- **Correlatório**: correlação das informações com recurso a programas do SIG, produzindo tabelas, gráficos e cartas.
- **Semântico/interpretativo**: interpretação geral e conclusiva com base nas correlações obtidas em programas do sistema de informação geográfica, evidenciando o quadro ambiental e socioeconômico do território.
- **Normativo**: Definição de diretrizes e normas gerais de uso e ocupação de terra, com base nos interesses, nas estratégias e objetivos preconizados para o desenvolvimento, preservação e conservação legal.

O processo de análise da paisagem neste trabalho obedecerá ao esquema metodológico proposto Mateo (1998) *apud* Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004, p. 40) obedecendo as seguintes etapas:

- Estudo da organização paisagística, classificação e taxinomia das estruturas paisagísticas, conhecimento dos fatores que formam e transformam a paisagem, que inclui a utilização dos enfoques estrutural, funcional e histórico genético
- Avaliação do potencial das paisagens e tipologia funcional, que inclui o cálculo do papel dos fatores antropogênicos através dos tipos de utilização da natureza, tipos de impactos geocológicos das atividades humanas, das funções e cargas econômicas.

- Análise da planificação e proteção das paisagens que inclui a tecnologia de utilização das paisagens e análise das alternativas tendo por base a prognose.
- Organização estrutural-funcionalista direcionada à otimização das paisagens

Para obtenção da base teórica em prol da análise da dinâmica dos usos e ocupação e transformações da paisagem serão identificadas diversas referências bibliográficas que abordam a temática, com intuito de buscar subsídios sobre análise de sistemas, particularmente geossistemas na perspectiva de enfoques estrutural, funcional e histórico antropogênico para além de bases sobre zoneamento, análise de impactos ambientais e planeamento ambiental. Por outro lado, efetuar-se-á a consulta de documentos normativos como lei de águas, lei de florestas, lei de terras, estratégia nacional de gestão de bacias hidrográficas, plano de gestão da bacia hidrográfica do rio Púnguè em Moçambique, de modo a aferir os aspectos de gestão de bacias hidrográficas inculcados e posterior verificação dos níveis de execução.

Na sequencia, são elaborados mapas temáticos relativos aos aspetos físicos (geológico, geomorfológico, pedológico, climático, rede hidrográfica, cobertura vegetal, topográfico clinográfico e hipsométrico) e sobre usos e cobertura de terra da bacia hidrográfica do rio Púnguè cuja base de dados é de instituições de pesquisa afins.

Bertrand (2004, p. 151) considera que;

Na escala média (1/100.000 e 1/200.000) pode-se cartografar os geossistemas de maneira satisfatória com a condição de renunciar à acumulação dos sinais analíticos e de escolher uma representação sintética. Na escala grande 1/20.000, pode-se facilmente cartografar os geofácies no interior dos geossistemas.

A escala dos mapas será de 1:300.000, considerando o sistema territorial administrativo veiculado ao longo da bacia hidrográfica do rio Púnguè composto por grupo de distritos e que corresponde a escala acima referenciada, equivalendo também ao estágio de planeamento ambiental, cujo nível de informação dos materiais físicos geográficos, deve corresponder a mapas das paisagens em escala média (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2004).

No caso particular da temática da tese em desenvolvimento, será elaborado mapa de drenagem em vista a determinar as particularidades da hierarquia da drenagem, da direção dos fluxos de drenagem, de modo a permitir a análise morfogênica desenvolvida por esta rede de drenagem. Haverá necessidade de elaborar o mapa representativo da bacia hidrográfica do rio Púnguè e as respectivas sub-bacias, integrando o modelo digital de elevação e a rede de drenagem, com a finalidade analisar os fluxos de energia e matéria, permitindo a identificação de espaços de emissão e receptoras.

Na sequência, será elaborado o mapa topográfico com recurso curvas de nível ou fotografias aéreas, de modo a permitir posterior elaboração de mapas clinográficos e hipsométrico. Tendo em conta na bacia hidrográfica do rio Púnguè, no território moçambicano, a altitude máxima é de 2436 metros serão definidas 12 classes sendo: ≤ 200 , 200+400, 400+600, 600+800, 800+1000, 1000+1200, 1200+1400, 1400+1600, 1600+1800, 1800+2000, 2000+2200, ≥ 2200 . O mapa clinográfico servirá de base para representação da declividade ao longo da bacia hidrográfica do rio Púnguè, constituindo uma variável a considerar na definição sistemas ambientais e áreas de risco a processos erosivos ou de inundações.

Serão elaborados mapas de compartimentação geomorfológica, climático, pedológico, geológico, cobertura vegetal e uso e ocupação de terras, com intuito de integrar estas variáveis no âmbito de elaboração de mapas de unidades de paisagens naturais, mapas de sistemas ambientais, mapas de estado ambiental e zoneamento.

Augusto (2016, p. 148) sustenta que;

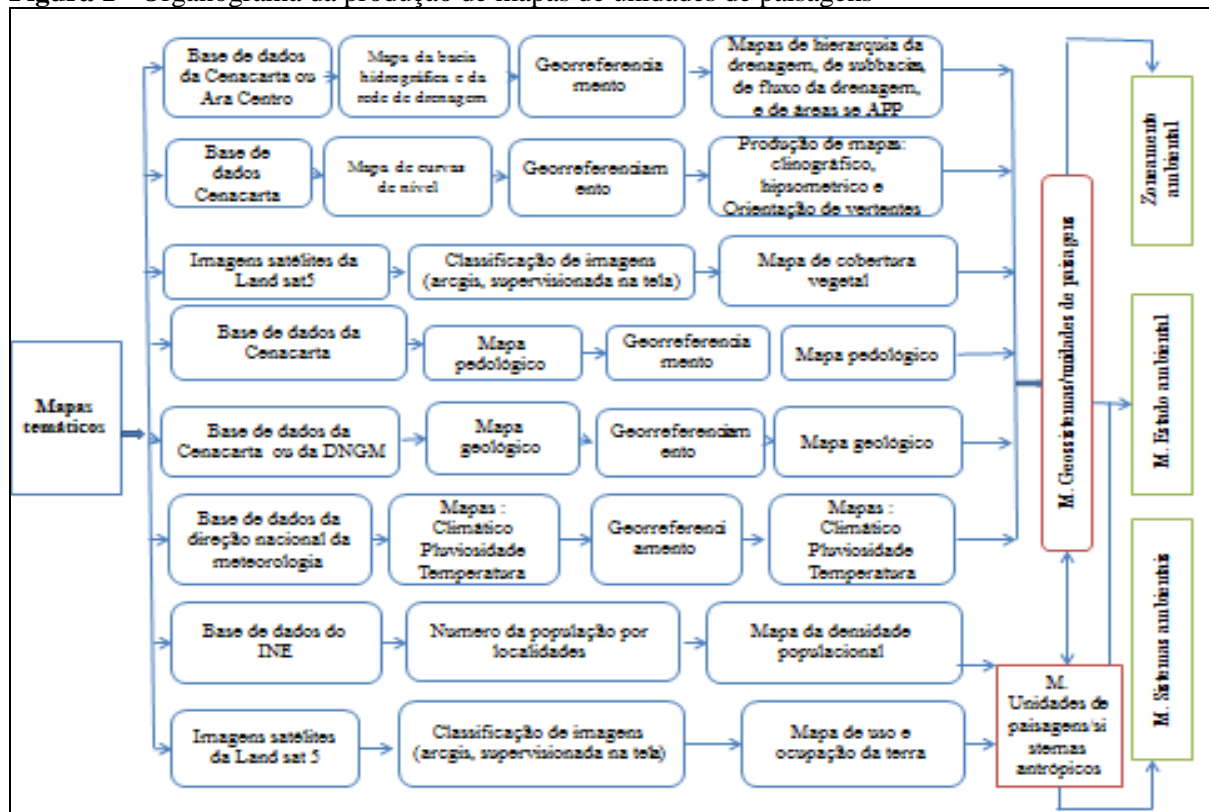
Para além das possibilidades de análise da estrutura e funcionamento da paisagem, o geoprocessamento adere também o viés ambiental devido a sua capacidade de monitoramento multitemporal, caracterização multiescalar e abordagem interdisciplinar, permitindo uma análise integrada através da criação e manuseio de camadas espaciais multitemáticas, como mapas de geologia, geomorfologia, uso e cobertura da terra, vegetação, hidrologia, climatologia, entre outras.

Com base os mapas temáticos sobre aspectos físicos (geológico, geomorfológico, pedológico, cobertura vegetal e climático), serão gerados mapas com unidades de paisagens naturais dentro da bacia hidrográfica do rio Púnguè, através da sobreposição que constitui uma função de análise geoespacial que parte da premissa de que a paisagem pode ser modelada por meio de sobreposição (*over*) de camadas (*lays*) geográfica sendo cada camada uma variável espacial. A maior aplicação da função de sobreposição OR é a delimitação de componentes de unidades de paisagem como as geofácies e os geótopo (FERREIRA, 2014). Estes mapas de unidades de paisagens servirão de base para análise das interações mútuas que ocorrem entre os elementos da paisagem, servindo de base para definição de sistemas ambientais. A figura 1 apresenta um organograma da produção de mapas de unidades de paisagens.

A sobreposição dos mapas temáticos para efeitos da geração de mapas com unidades de paisagens será realizada a partir do geoprocessamento, na base do sistema de informação geográfica, sendo que a primeira etapa consistirá na importação dos mapas temáticos do meio

físico para a composição das camadas e a segunda etapa consistira no cruzamento ou fusão dos mapas de modo a gerar as unidades de paisagens.

Figura 1 - Organograma da produção de mapas de unidades de paisagens



Fonte: adaptado pelos autores

Será elaborado mapa de uso/ocupação e cobertura de terra de modo a identificar e compor mapa de unidades de paisagens antrópicas ao longo da bacia hidrográfica do rio Púnguè. A elaboração do mapa de sistemas antrópicos será na base de imagens satélites na resolução espacial de 30 metros a obter no *Landsat*, passando pelo pré-processamento (correção geométrica simples), o realce do contraste (modificação de imagem para torná-la mais apropriada à capacidade da visão humana) e a análise em si (classificação supervisionada) e por outro lado será tomado em consideração os dados de trabalho de campo e consulta documental.

Recorrendo a técnica de tabulação cruzada far-se-á o cruzamento dos mapas unidades de paisagens naturais e das unidades de paisagens antrópicas dos 4 períodos (1990, 2000, 2010 e 2020), de modo a aferir a dinâmica da paisagem ao longo do tempo ao nível da bacia hidrográfica do Púnguè, podendo analisar as fragilidades/riscos e impactos ambientais e gerar mapas de estado ambiental, de sistemas ambientais e zoneamento ambiental.

Para Bertrand (2004) a classificação de geossistemas ou paisagem é definida pelas combinações ricas, muitas vezes únicas, e avança como uma das soluções a designação do geossistema ou paisagem, pela vegetação correspondente que representa mais vezes a melhor síntese do meio, embora não pode se considerar regra geral na medida em que nem sempre o tapete vegetal é dominante numa paisagem ou geossistema.

Vicens (2012), para diferenciação de unidades de paisagens defende a necessidade de considerar fatores diferenciadores (geológicos e climáticos), fatores de redistribuição (relevo), fatores diferenciadores indicadores (hidrológicos e edáficos) e fatores indicadores (biológicos)

Para definir os limites entre os conjuntos interativos da paisagem Metzger (2001 p. 4) considera três fatores:

O ambiente abiótico (formas de relevo, tipos de solo, dinâmica hidrogeomorfológica, parâmetros climáticos), as perturbações naturais (fogo, tornados, enchentes, erupções vulcânicas, geadas, etc.) e antrópicas (fragmentação e alteração de habitats, desmatamento, criação de reservatórios, implantação de estradas, etc.).

Após a identificação e caracterização dos diferentes subsistemas da paisagem da bacia hidrografia do rio Púnguè, proceder-se-á a correlação das características da Geodiversidade e biodiversidade com os diferentes usos e formas de ocupação de terra, identificando os impactos ambientais. As alterações no funcionamento e nos mecanismos das relações de autorregulação, muitas das vezes como resultados da interferência antrópica conduzem a um processo de degradação (perda de atributos e propriedades sistêmicas que garantem a realização de funções geoecológicas e atividades de autorregulação) resultando em desequilíbrios na dinâmica funcional (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2004).

Sob ponto de vista de procedimentos técnicos, Vicens (2012) aponta três categorias usados para análise da paisagem: métrica da composição da paisagem (área ocupada, unidades presentes na paisagem, riqueza das unidades), medidas de configuração (quantificação do arranjo espacial das unidades em termos do seu grau de isolamento e conectividade com unidades semelhantes) e fractais (indicadores de complexidade de forma da manga ou da paisagem)

Por sua vez, Sochava (1975) alerta a necessidade de realçar indicadores analíticos de importância econômica com fertilidade potencial do solo, a profundidade e qualidade do lençol freático, produtividade de certos tipos de biomassa, para além de indicadores de recreação, médicos geográficos, de planejamento, etc. em prol dos parâmetros de geossistemas nos mapas de paisagem, com recurso ao mapa de uso e ocupação de terra.

Baseando-se nas unidades de paisagens geradas, resultado do cruzamento de unidades de paisagens naturais e antrópicas, far-se-á o zoneamento da bacia hidrográfica do rio Púnguè que vai consistir na identificação e delimitação de unidades ambientais da bacia, tendo em conta as potencialidades e limitações, que vira a servir de base para definição de sugestões de medidas corretivas ou preventivas em prol das atividades desenvolvidas na bacia, com intuito de que possa servir de base para planificação de ações de gestão ambiental.

Para análise de fragilidade ambiental diversos métodos ou modelos foram desenvolvidos e são usados, como é o caso da metodologia proposta por Crepani e outros, em que se definem escalas de vulnerabilidade que compreendem os graus de maior estabilidade (com valores próximos a 1), estabilidade intermédia (com valores próximos a 2) e vulnerável (com valores próximos a 3), considerando os temas da geologia, geomorfologia, solos, vegetação e clima, analisados individualmente mas no final calcula-se a média aritmética através da equação empírica (CREPANI, 2001).

Na sequência, Ross (2011) desenvolveu e sistematizou escalas de fragilidade que variam de muito fraca a muito forte, representados pelos seguintes códigos: muito fraca (1), fraca (2), média (3), forte (4) e muito forte (5), considerando os temas declividade, curvatura das vertentes, solos, precipitação e cobertura e uso de terra, analisado de forma individual e no final uma análise global através da sobreposição das diferentes variáveis.

Para cada variável temática, Ross (2011), define intervalos ou escalas de fragilidade nomeadamente: na declividade considera até 6% (muito fraca), de 6 a 12% (fraca), de 12 a 20% (média), de 20 a 30% (forte) e acima de 30% (muito forte); curvatura das vertentes com as seguintes classes: de -1,70 a -0,13 (fragilidade forte ou alta); vertentes côncavas, para os intervalos de 0,09 a 1,8 (fragilidade muito forte ou muito alta) e vertentes retilíneas para os intervalos de -0,13 a 0,09 (fragilidade média); na variável solos agrupa tipos de solo também tendo em consideração as 5 escalas de fragilidade; na variável precipitação considera o comportamento da precipitação ao longo do ano, definindo intervalos de fragilidade e na variável uso e cobertura de terra também define escalas de fragilidade em função dos tipos de vegetação, incluindo os as formas ou tipos usos de terra.

A natureza dos solos constitui um fator importante a considerar na análise da fragilidade ambiental, particularmente a processos erosivos, como defende Resende *et al* (2002) ao afirmar que o fluxo e a retenção da água no solo dependem da profundidade, textura, estrutura, porosidade e pedofoma, as quais se podem integrar das mais variadas maneiras.

Importa referenciar que as particularidades pedológicas, quando combinadas com as características geomorfológicas oferecem resultados significativos para análise da susceptibilidade. Por exemplo, em bacias hidrográficas com dominância de Latossolos e Neossolos Quartzarênicos, associados a relevo plano e suave ondulado, a drenagem é pouco expressiva, o que significa menos processos erosivos, entretanto, nas bordas desses domínios a dissecação é severa (RESENDE *et al* , 2002).

A vegetação também constitui um dos indicadores da susceptibilidade à processos erosivos ao nível duma bacia hidrográfica, pois, desempenha múltiplas funções em relação a água precipitada em forma de chuva. A interceptação exercida pelas folhas, incluindo o manto formado pelas folhas espalhadas à superfície do solo, amortecendo as gotas de água de modo que não alcancem o solo com maior intensidade e conseqüente redução do impacto erosivo. Pode se destacar também a influência da vegetação no processo da infiltração, a função protetora dos sedimentos a través das raízes, entre outras.

A devastação das formações vegetais ao nível das bacias hidrográficas pelas actividades antrópicas tem contribuído para intensificação de processos erosivos, afetando os processos fluviais, incluindo a qualidade da água, sobre tudo quando a devastação da vegetação envolve as margens dos rios, como fundamenta Queiroz (2017 p. 128) ao afirmar que “as mudanças no uso do solo nas encostas geram processos erosivos que podem promover alterações na dinâmica fluvial”.

Queiroz (2017), no seu estudo sobre mapeamento de declividades e das tipologias de uso de terra como subsídio para zoneamento ambiental, concluiu que na bacia hidrográfica estudada, havia ocorrência de diferentes processos erosivos que se associavam a barragem e a degradação de mata ciliar ao longo do curso do rio. O mesmo autor aponta a questão das mudanças no uso de solo nas encostas, que geram processos erosivos e promovem a alterações na dinâmica fluvial, culminando com processos de assoreamento.

Na sequência, num outro estudo desenvolvido por Nunes e Pinto (2007) em prol do conhecimento local sobre o reflorestamento da mata ciliar (floresta de galeria) para conservação ambiental em Alto do São Francisco, Minas Gerais, aponta as comunidades locais reconhecem as múltiplas funções da floresta de galeria para o rio, ao referenciar as funções de manutenção da temperatura da água do rio, a questão de ser fonte de produção de alimentos para os peixes, a função de retenção de sedimentos e poluentes provenientes do escoamento superficial e conseqüente minimização do assoreamento do rio.

A fragilidade ambiental numa bacia hidrográfica deve ser analisada combinando diversos fatores como testemunham as informações de diversos autores acima arrolados. Os fatores a considerar não só devem ser de ordem física, mas também é preciso tomar em consideração os fatores antrópicos.

Tomando em consideração o cruzamento das características físico-geográficas e os tipos de usos e ocupação de terras identificadas ao longo da bacia hidrográfica do rio Púnguè, vai se proceder a análise dos impactos ambientais, passando pela identificação de impactos ambientais (positivos ou negativos) resultantes dessa ação antrópica sobre a paisagem.

A difusão dos impactos antrópicos sobre sistemas naturais ocorrem através de fluxos ou geofluxos (horizontais e verticais) energéticos e materiais. Entretanto, em sistemas em que dominam fluxos horizontais, verifica-se significativa difusão territorial dos impactos (naturais e antrópicos), desempenhando um papel importante na interpretação dos processos de formação, desenvolvimento e dissipação das relações paisagísticas e da estrutura lateral e vetorial dos geossistemas. (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2004).

Para determinar o tipo e a importância do impacto é de extrema importância a análise das relações recíprocas que se estabelecem no geossistema (bacia hidrográfica) como um todo e as respostas do geossistema que são refletidos por indicadores como processos ecológicos, problemas ambientais (combinação dos diferentes objetos da racionalidade ambiental que se manifestam em processos que desarticulam a estrutura e funcionamento dos geossistemas naturais, tendo como consequência dificultar o cumprimento das funções socioeconômicas e as deficiências gerais de sustentabilidade em grupos sociais), estado ambiental, produtividade e potencial do sistema (RODRIGUEZ, SILVA E CAVALCANTI, 2004).

Os impactos sobre a paisagem serão analisados na perspectiva de determinação do tipo e intensidade de impacto, efeitos geocológicos, consequências ambientais e estado da paisagem.

As diferentes unidades de paisagem a identificar ao longo da bacia hidrográfica do rio Púnguè em Moçambique, serão classificadas em função do seu estado ambiental (situação geocológica da paisagem, determinada pelo tipo e grau de impacto e a capacidade de reação e absorção), podendo distinguir as seguintes categorias de estado ambiental: estável (não alterado ou com influência antrópica muito baixa e com problemas ambientais não significativos), medianamente estável (sustentável, com poucas mudanças na estrutura, e com problemas ambientais de natureza leve a moderados), instável (insustentável, com fortes mudanças da estrutura espacial e funcional), crítico (perda parcial da estrutura espacial e

funcional com eliminação paulatina das funções ecológicas) e muito crítico (perda e alteração generalizada da estrutura espacial e funcional) (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2004).

Enquadramento da abordagem geocológica da paisagem com enfoque estrutural e funcional na análise integrada dos condicionantes do planeamento e gestão do território

Vários autores defendem que a abordagem sob ponto de vista de paisagem permite a produção de informações sobre o objeto na perspectiva integral, com um todo, na medida em que toma em consideração as relações de interdependência. Por exemplo, (SOCHAVA, 1971) defende que a abordagem geocológica da paisagem para geossistemas permite aferir conhecimento sobre as suas estruturas, bem como permite estabelecer mecanismos de interação entre os elementos do geossistema.

A abordagem paisagística constrói uma imagem do potencial natural da terra e perspectivas dos usos sustentáveis, constituindo uma base para planeamento regional (SOCHAVA, 1975), na medida em que o conhecimento das particularidades da paisagem em termos da composição, interconexões e funcionalidade, constitui uma base para a busca da ordem de utilização do espaço (VICENS, 2012) numa perspectiva de planeamento com o intuito de alcance da sustentabilidade nas suas diferentes variáveis.

Numa perspectiva de abordagem geográfica a ecologia de paisagens centra-se no entendimento das modificações estruturais e funcionais associadas face às ações antrópicas no sistema como um todo, tendo em conta relações espaciais dos elementos (METZGER, 2001), sendo que o mapeamento e regionalização físico geográfica resulta das interações locais e regionais, para além das diferenças das condições locais à luz das necessidades práticas de gestão natural (GVOZDETSKIY *et al*, 1976).

Para Sochava (1975) a abordagem sistêmica reveste-se de grande importância na medida em que permite a comparação entre diferentes tipos de mapas ambientais, estabelecendo o ordenamento dos principais elementos do sistema, para além da quantificação das relações funcionais do sistema mapeado.

Metzger (2001) acrescenta ainda que para compatibilizar uso das terras e sustentabilidade ambiental, social e econômica, é necessário planejar a ocupação e a conservação da paisagem como um todo. Enfatiza ainda que ao lidar com a paisagem como um todo, considerando as interações espaciais entre unidades culturais e naturais, incluindo

assim o homem no seu sistema de análise, a ecologia de paisagens adota uma perspectiva correta para propor soluções aos problemas ambientais.

Notas conclusivas

A abordagem geocológica orientada para análise da paisagem reveste-se de grande importância na produção de conhecimentos sistematizados conducentes ao planeamento dos usos e ocupação de terra, na medida em que toma em consideração as relações recíprocas que se estabelecem entre os diferentes elementos constituintes da paisagem.

Existe uma diversidade de opções teórico-metodológicas para análise da dinâmica da paisagem, entretanto, a abordagem geocológica da paisagem com enfoque funcional, mostra-se ideal na perspectiva da temática proposta, pelo fato de privilegiar uma análise que agrega fluxos energéticos, biológicos, sociais e físicos da paisagem, para além de incluir aspectos estruturais e funcionais entre os elementos, o que pode facilitar na identificação das potencialidades e fragilidades do sistema, aspectos a ter em conta no planeamento ambiental.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

REFERÊNCIAS

AMORIM, R. R.; REIS, C. H.; FERREIRA, C. Mapeamento dos geossistemas e dos sistemas antrópicos como subsídio ao estudo de áreas com riscos a inundações no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé (Rio de Janeiro – Brasil). **Revista Territorium**, n.º 24, p. 89-114, 2017.

AUGUSTO, R. C. A cartografia de paisagens e a perspectiva geossistêmica como subsídio de planeamento ambiental. **Revista Tamoios, São Gonçalo (RJ)**. ano 12, n. 1, págs. 144-153, jan/jun. 2016.

BEROUTCHACHVILI, N.; RADVANYI, J. Les structures verticales des géosystèmes. **Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, tome 49, fascicule 2, p. 181-198, 1978.

BERTALANFFY, L. V. Teoria Geral dos Sistemas. Petrópolis: Editora Vozes, 1975.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global, esboço metodológico; **Revista RA'E GA**. n. 8, p. 141-152, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979.

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

CREPANI, E. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**, INPE-8454-RPQ/722. São José dos Campos, 2001.

DIAS, R. L.; PEREZ FILHO, A. P. Novas considerações sobre geossistemas e organizações espaciais em Geografia, **Sociedade & Natureza**, v. 29, n. 3, pp. 413-425, 2017.

FERREIRA, M. C. **Iniciação à análise geoespacial: teorias, técnicas e exemplos para geoprocessamento**. Editora Unesp; São Paulo; 2014.

GVOZDETSKIY, N. A.; YEFREMOV, Y. K.; ISACHENKO, A. G.; KOGAY, N. A.; PREOBRAZHENSKIY, V. S.; UKLEBA, D. V. physical-geographical fundamentals of nature management. **Soviet Geography**. v. 17, n. 5, 291-303p. 1976.

JANSEN, L.J.; DI GREGORIO, A. Parametric land Cover and Land-Use Classifications as Tools for Environmental Change Detection. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 91, p. 89-100. 2002.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**, São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MAXIMIANO, L. A. **Considerações sobre o conceito de paisagem**, Editora UFPR, Curitiba, 2004.

METZGER, J. P.; O que é ecologia de paisagens? **Revisões Temáticas: Biota Neotropical**. n. 1, v. 1-2. p. 1-9. 2001.

MORIN, E. **O método: a natureza da natureza**. 2. ed. Lisboa: Editora Seuil, 1977.

NUNES, F. P.; PINTO, M. T. C. Conhecimento local sobre a importância de um reflorestamento ciliar para a conservação ambiental do Alto São Francisco, Minas Gerais. **Revista Biota Neotropical**. v. 7, n. 3. p. 171-179. 2007.

PAUNGARTTEN, S. P. L.; BORDALO, C. A. L.; LIMA, A. M. M. Análise evolutiva da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Benfica (PA): Processos, dinâmica e tendências. **Ambiente & Educação**, v. 21, n. 2, p. 87-107. 2016.

QUEIROZ, P. H. B. Mapeamento de declividade e das tipologias de uso da terra como subsídio ao zoneamento ambiental de um segmento do médio curso da bacia hidrográfica do rio Pacotice, **Revista Geonorte**, v. 8, n. 29, p.116-133, 2017.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORREA, G. F.; KER, J. C. **Pedologia: base de distinção de ambientes**, 4. ed. Lavras: Editora UFLA, 2002.

RODRIGUEZ, J. M. M., SILVA, E. V., CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**, Editora UFC, Fortaleza, 2004.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Teoria dos Geossistemas- O legado de V.B. SOCHAVA: Volume 1 fundamentos teóricos metodológicos**. Edições UFC, Fortaleza, 2019.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento Ambiental**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. v. 8, p. 63-74. 2011.

SOCHAVA, V. B. Geography and Ecology. **Soviet Geography**, v. 12, n.5, p. 277-293. 1971.

SOCHAVA, V. B. Theoretical requisites for the mapping of the human habitat. **Soviet Geography**, v.16, n.2, p. 86-98. 1975.

SOCHAVA, V. B. O Estudo de Geossistemas. **Métodos em questão**, 16. IGUSP. São Paulo. 1977.

VICENS, R. S.; Geografia da paisagem e ordenamento territorial; In: BARBOSA, J. L.; LIMONAD, E.. (org.), **Ordenamento territorial e ambiental**, editor UFF; Niterói, 2012.

ZACHARIAS, A. A. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, São Paulo, 2010.