

Destaque Territorial: proposta de modelagem socioeconômica e ambiental para avaliar a inserção social nos Programas de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

Geographic Highlights: a socioeconomic & environmental model proposed to assess the social insertion of the postgraduate programs in Environmental Sciences

Nobrega et al. (artigo submetido à RBCIAMB)

Rodrigo/Sonia/Diego/Elaine[UFGM] ; Sampaio/Patricia/Isabe[Positivo] ; Washington/Joselisa/Rodrigo[UFFS]

Resumo

Este artigo propõe um método para mapear e qualificar a inserção social dos Programas de Pós-Graduação (PPGs) na área de *Ciências Ambientais* da CAPES. A construção do modelo consistiu na integração espacial de três componentes: o índice de vulnerabilidade socioeconômica (infraestrutura, capital humano, renda e trabalho); o índice de hemerobia (grau de antropização no uso e ocupação do solo); e a densidade geográfica dos PPGs. O modelo utiliza álgebra de mapas para produzir o mapa do destaque territorial com índices variando entre 1 (baixo) e 10 (alto). A validação ocorreu na avaliação quadrienal 2017, quando consultores da Capes utilizaram o mapa *destaque territorial* para interpretar qualitativamente a inserção social dos PPGs frente às vulnerabilidades socioeconômicas e ambientais regionais. Outras aplicações vislumbradas são: diagnóstico de regiões prioritárias para novos cursos; direcionamento de recursos (humano e financeiro); incentivo à criação de redes colaborativas; análise da inserção profissional dos egressos dos PPGs, ~~etc.~~

Palavras-chave: Vulnerabilidade, análise ecossocioeconômica, densidade geográfica.

Abstract

This article proposes a method to map and qualify the social insertion of the Postgraduate Programs (PPGs) in the *Environmental Sciences* area of CAPES. The model was built based on the spatial integration of three key components: the socioeconomic vulnerability index (infrastructure, human capital, income and labor); the hemeroby index (land use and occupation); and the geographic density of the PPG. The solution uses map algebra to output the *Geographic Highlights*, which indexes ranging from 1 (low) to 10 (high). The validation of the model occurred with the 2017 quadrennial evaluation, when Geographic Highlights map supported the CAPES consultants to qualitatively interpret the social insertion of PPGs in the face of regional socioeconomic and environmental vulnerabilities. Other applications envisaged are: identification of priority areas for new courses; resource allocation (human and financial); encouraging the creation of collaborative networks; analysis of the professional insertion of former students, etc.

Keyword: Vulnerability, ecosocioeconomic analysis, geographic density.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a classificação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), a área de *Ciências Ambientais* está inserida na Grande área *Multidisciplinar*, a qual, por sua vez, se enquadra no *Colégio de Ciências Exatas, Tecnológicas e Multidisciplinar*. A área reúne, atualmente, 123 Programas de Pós-Graduação (PPGs), que equivalem a 154 Cursos, sendo 87 mestrados acadêmicos, 31 mestrados profissionais e 36 doutorados, distribuídos por todas as regiões geográficas do Brasil (CAPES, 2018).

Cada uma das Unidades da Federação possui programas da área de *Ciências Ambientais* e eles estão devidamente interiorizados. A única exceção é o estado do Acre, e, por isso, a Coordenação de Área, no mandato 2014-2018, induziu uma proposta de criação de curso de mestrado direcionado a essa localidade, que será apreciada pela Comissão de Avaliação das Propostas de Cursos Novos (APCNs) em 2018 (SAMPAIO *et al.*, 2017).

As *Ciências Ambientais*, como área de conhecimento, contrapõem-se à fragmentação a que tem sido submetida a ciência e surgem como campo eminentemente interdisciplinar, uma vez que a problemática ambiental é indissociável dos sistemas sociais (SOBRAL *et al.*, 2014; FERNANDES e SAMPAIO, 2016; ESTOQUE e MURAYAMA, 2017; KRAKER, 2017). Sob tal argumento, o quesito *Inserção Social*, um dos cinco preceitos¹ estabelecidos pelo Sistema Nacional de Pós-Graduação (SNPG), poderia ser re-denominado como *Inserção Socioambiental*.

Cabe ressaltar que, na área de *Ciências Ambientais*, o quesito *Inserção Social* possui o maior peso permitido pela CAPES para o processo de avaliação de PPGs (20% para programas acadêmicos e 25% para profissionais), o que o torna um dos critérios mais significativos na área, em comparação com as demais 48 áreas de avaliação (SAMPAIO *et al.*, 2016). Destaca-se também que a finalidade do quesito *Inserção Social* é avaliar o impacto socioambiental dos PPGs, por consequência de suas pesquisas científicas, de modo que se possa aferir sua contribuição à sociedade (DONOVAN, 2008).

Segundo a Direção Geral de Pesquisa da Comissão Europeia, os impactos sociais podem repercutir positivamente, no sentido de: promover qualidade de vida; estimular políticas públicas mais adequadas às demandas sociais; influenciar o desenvolvimento de novas abordagens e debates sobre assuntos de interesse social; encorajar mudanças coletivas de atitude; comunicar avanços no conhecimento; dentre outras perspectivas (EUROPEAN COMMISSION, 2010). Por isso, a mensuração e a avaliação do impacto social decorrente de investimentos financeiros e de recursos

¹ Os Quesitos de Avaliação dos Programas de Pós-Graduação são: 1. Proposta do Programa; 2. Corpo Docente; 3. Corpo Discente, Teses e Dissertações; 4. Produção Intelectual e; 5. Inserção Social.

humanos aplicados em pesquisas acadêmicas têm sido objeto de vários estudos (DONOVAN, 2008; FURTADO *et al.*, 2009; SPAAPEN e DROOGE, 2011; PENFIELD *et al.*, 2014). Todavia, não há um consenso sobre a metodologia mais adequada a esse propósito (DONOVAN, 2008; REF, 2014) e alguns autores consideram essa uma difícil tarefa, pois há o risco de se criar mecanismos que interfiram na dinâmica da produção do conhecimento, por meio, por exemplo, da inserção de métricas que estimulam a competitividade em prejuízo da cooperação (SOBRINHO, 2004) e da pressão pelo cumprimento de critérios quantitativos em detrimento da qualidade da produção científica (SPAGNOLO e SOUZA, 2004).

Diante desse desafio, a Coordenação da área de *Ciências Ambientais* tem buscado parâmetros consistentes que permitam sinalizar os impactos socioeconômicos e ambientais, designados ecossocioeconômicos, decorrentes das atividades dos PPGs e das qualificações de sua atuação, sobretudo em áreas de fronteira, de interiorização e de vulnerabilidade social, econômica e ambiental (SAMPAIO *et al.*, 2017).

Como ponto de partida, propôs-se uma primeira versão sistematizada de avaliação, denominada *Destaque Territorial*, a qual foi concebida e implementada a partir da junção de três componentes: (1) o índice de vulnerabilidade socioeconômica, nas perspectivas de infraestrutura, capital humano, renda e trabalho (IPEA, 2015); (2) o índice de vulnerabilidade socioambiental, baseado na antropização da paisagem sintetizadas pelo uso e cobertura do solo no território nacional (IBGE, 2012); e (3) a concentração geográfica dos PPGs em *Ciências Ambientais*. Nesse contexto, o objetivo deste artigo é analisar a inserção socioeconômica e ambiental dos programas cadastrados na área de *Ciências Ambientais* da Capes com base nos parâmetros da metodologia proposta.

Este trabalho descreve uma metodologia espacialmente explícita desenvolvida com a finalidade de mapear o destaque territorial dos PPGs na área de *Ciências Ambientais* da Capes e fomentar o aperfeiçoamento da coordenação dos programas quanto ao possível direcionamento de suas atividades de ensino, pesquisa e extensão para áreas prioritárias. O modelo foi implementado por meio de análise espacial das 3 dimensões mencionadas acima, recorrendo a técnicas de geoprocessamento e análise multicritérios (NOBREGA *et al.*, 2009). Para tanto, utilizou-se o método *Analytical Hierarchy Process* (AHP) proposto por Saaty (1994), o qual foi implementado em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), permitindo, assim, estender a eficiência analítica do método de organização e tomada de decisão para o contexto espacial (FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2016 ; NOBREGA *et al.*, 2009 ; SADASIVUNI *et al.*, 2009).

O presente trabalho é o resultado de esforços colaborativos realizados por uma equipe de pesquisadores de três programas de pós-graduação da área de *Ciências Ambientais*, por solicitação da Coordenação da Área, no mandato anterior e atual, com o intento de mapear as assimetrias regionais das dimensões socioeconômica e ambiental para, assim, aperfeiçoar o indicador *Destaque Territorial*, em conformidade com o Plano Nacional de Pós-Graduação 2011-2020 (BRASIL, 2010). O modelo produziu resultados concretos que fomentaram ações pioneiras de apoio à tomada de decisão na Coordenação da Área de Ciências Ambientais, bem como auxiliaram no processo de distribuição de bolsas no PPG Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais.

Contudo, embora o modelo esteja apoiado em um arcabouço robusto, composto por técnicas consolidadas de geoprocessamento e análise multicriterial, os resultados podem ser aperfeiçoados, seja pela inclusão de outras variáveis, ou a reorganização dos pesos atribuídos às variáveis, dentre outras questões, a partir do modelo conceitual proposto e dos resultados deste estudo. Diante disso, uma segunda versão do método está em desenvolvimento, a fim de aprimorar o indicador *Destaque Territorial*, em razão dos limites do alcance de sua aferição, conforme se destaca nos Resultados e Conclusões deste artigo.

2 GEOPROCESSAMENTO COMO SUPORTE A TOMADA DE DECISÃO

A complexidade das variáveis no processo de planejamento e gestão do território, bem como o volume de dados envolvido, têm sido fatores preponderantes no emprego de modelos computacionais para otimizar o processo de tomada de decisão (O'HARA *et al.*, 2000). Com isso, há uma crescente demanda pela utilização de técnicas de geoprocessamento como chave para os sistemas de suporte à decisão espacial.

Entende-se como geoprocessamento o processo sistemático de empregar dados espaciais, ferramentas de análise, modelos e atores para computar informações quantitativas e/ou qualitativas que consideram os aspectos do contexto geográfico dos dados ou do fenômeno em análise (BURROUGH e MCDONNELL, 1998). Contudo, deve-se destacar que a grande contribuição do geoprocessamento é a sua capacidade de promover a análise espacial. Segundo Câmara *et al.* (2004), a análise espacial visa incorporar a componente espacial a uma análise com fim específico, quantificando propriedades e relacionamento fenômenos em uma forma espacialmente explícita.

O uso do geoprocessamento auxilia na identificação da localização (“onde?”) de um fenômeno, cuja resposta pode desencadear soluções importantes para o planejamento e a gestão do território (RYERSEN e ARONOFF, 2010). De forma análoga, responder a questões como “quando?” e “quanto?” qualifica a capacidade analítica da administração pública, na condição de formular cenários preditivos e quantificar

impactos negativos e positivos oriundos desses cenários, além de subsidiar a formulação de políticas públicas (NÓBREGA, 2018).

A demanda por informações espaciais estruturadas foi uma das principais responsáveis pelos avanços conquistados pelos SIGs nas últimas décadas. O estágio tecnológico atual, com a disseminação de dados geográficos e de ferramentas que operam em plataformas pessoais, tem permitido a consolidação do emprego do geoprocessamento no processo de tomada de decisão (STICH *et al.*, 2011)

Segundo Nóbrega (2018), embora as administrações municipais, estaduais e federal tenham consciência da necessidade de contemporizar o processo de formulação de argumentos para apoiar a correta tomada de decisão em planejamento e gestão territorial, o Estado ainda não se encontra aparelhado por instrumentos, modelos e recursos humanos adequados ao aprimoramento desse processo em muitos de seus setores. Berberian *et al.* (2016) ressaltam que com a maturidade dos sistemas de geoprocessamento como ferramenta de apoio ao planejamento e gestão territorial, o rigor da política ambiental e a crescente demanda pela participação pública nos processos decisórios é inaceitável que a gestão pública esteja suscetível a repetir erros cometidos no passado, sem que se busque por soluções sistêmicas de como contorná-los (BERBERIAN *et al.*, 2016).

Nesse contexto, o geoprocessamento surge como uma ferramenta qualificada capaz de promover a organização, a integração e o controle das informações, das regras e dos atores envolvidos no processo de tomada de decisão espacial (SADASINUNI *et al.*, 2009). A disparidade entre os atores envolvidos, comumente defendendo interesses próprios, eleva o grau de complexidade requerido pelos processos de tomada de decisão (STICH *et al.*, 2011), e, por isso, a necessidade de ferramentas robustas para garantir o processamento dos dados de forma transparente, quanto ao acesso às variáveis e regras de decisão, e replicáveis, quanto à sua capacidade de reproduzir ou aperfeiçoar o modelo.

Atualmente, a análise multicritério espacial é uma importante ferramenta na tomada de decisões estratégicas, e tem se destacado tanto na iniciativa privada quanto na gestão governamental. Trabalhos recentes desenvolvidos para o Tribunal de Contas da União (TCU) comprovam a eficiência do modelo hierárquico de inteligência geográfica por análise multicritério para apoio estratégico à tomada de decisão (BERBERIAN *et al.*, 2016).

De forma análoga aos trabalhos conduzidos pelo TCU, o modelo proposto neste artigo recorre à metodologia AHP (*Analytical Hierarchy Process*), implementada em ambiente SIG, com dados de entrada convertidos para o formato matricial (*raster*) e trabalhados

por pixel. A arquitetura do modelo é hierárquica, planejada para decompor a solução do problema em etapas e atender a diferentes níveis de decisão.

3 MÉTODOS

O modelo proposto consistiu na integração espacial de três critérios distintos de análise: 1) aspectos socioeconômicos; 2) aspectos socioambientais; 3) densidade geográfica (ou concentração) dos PPGs. Por ser um protótipo analítico-espacial, desenvolvido para dar suporte à tomada de decisão, a metodologia utilizada no modelo recorre a ferramentas e índices consagrados na literatura.

3.1 Bases de Dados

Para representar a critério socioeconômico utilizou-se o índice de Vulnerabilidade Social (IVS), proposto pelo Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA, 2015) e adotado internacionalmente (HUMMELL *et al.*, 2016). O IVS é o resultado da média aritmética de três subíndices (Infraestrutura Urbana, Capital Humano, Renda e Trabalho), que possuem o mesmo peso nos cálculos (Figura 1).

Figura 1 – Dimensões consideradas na composição do Índice de Vulnerabilidade Social. (Fonte: IPEA, 2015)



Para o critério socioambiental utilizou-se o nível de antropização da paisagem, por meio da aplicação do índice de hemerobia, por ser amplamente reportado em estimativas do nível de pressão antrópica no contexto da paisagem (BELEM e NUCCI, 2011; RÜDISSE *et al.*, 2012; WALZ e STEIN, 2014; WELLMANN *et al.*, 2018).

Como ponto de partida, recorreu-se ao mapa de cobertura e uso do solo, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012), em escala 1:5.000.000 de todo o território nacional. No mapa, a superfície é classificada segundo diferentes tipologias, com base em informações adquiridas pelas equipes da coordenação de geociências do IBGE e no referencial internacional do programa de compilação de dados sobre uso e cobertura da Terra e monitoramento de mudanças ocorridas, da Agência Ambiental Européia, denominado CORINE (AAE, 2018).

Para o critério de isolamento geográfico utilizou-se a localização dos 123 PPGs da área de *Ciências Ambientais* da Capes e sobre eles aplicou-se recursos de análise espacial para mapear sua densidade (ou concentração) no território nacional. Partiu-se da premissa de que esse critério permite mapear o isolamento geográfico dos PPGs e das suas áreas de atuação, em termos de ações de ensino, pesquisa e extensão.

A Figura 2 ilustra as bases de dados utilizadas na construção do modelo proposto e o Quadro 1 resume os dados de entrada, bem como as respectivas ferramentas e regras definidas para a modelagem espacial.

Figura 2 – Bases de dados espaciais para a modelagem do mapa de destaque territorial.



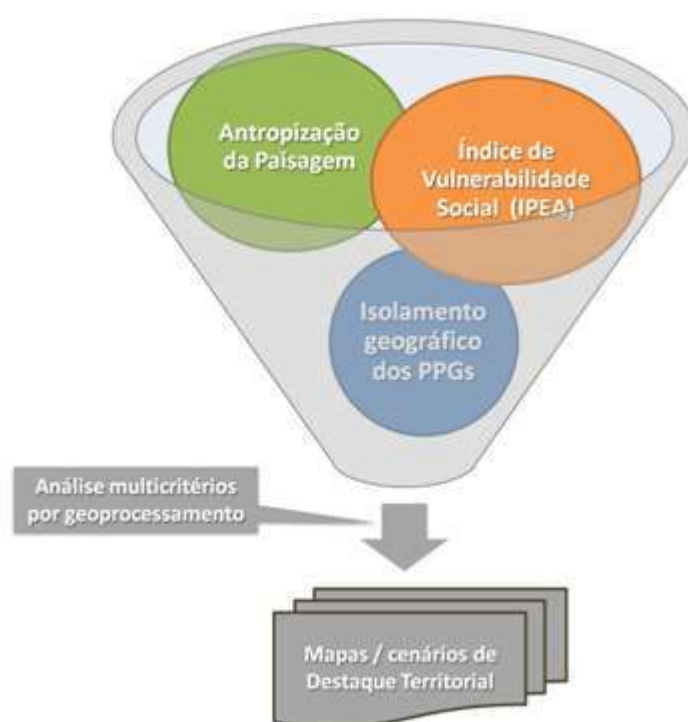
Quadro 1 – Fontes de dados utilizados na composição das variáveis do modelo.

Dado	Fonte	Ferramenta adotada	Regra de modelagem
Localização dos PPGs CiAmb	CAPES (2018)	Densidade espacial	Regiões distantes dos PPGs apresentam maior vulnerabilidade
Mapa Uso do Solo	IBGE (2012)	Reclassificação de mapa temático	Reclassificação do mapa de uso do solo segundo o nível de antropização da paisagem, usando o índice de hemerobia
Índice de Vulnerabilidade Social IVS	IPEA (2015)	Integração dos dados tabulares aos polígonos dos municípios	Reclassificação das categorias do índice de vulnerabilidade social

3.2 Modelagem dos Dados

Embora simples, no que tange a quantidade de dados, o modelo proposto integra variáveis complexas, como a vulnerabilidade socioambiental e o isolamento geográfico, essenciais no diagnóstico das ações estratégicas da coordenação da área de *Ciências Ambientais* da CAPES e dos PPGs. Por isso, a integração entre os componentes considerados no estudo (Figura 3) requer a preparação das variáveis, incluindo a normalização dos valores e a álgebra de mapas para a composição dos cenários finais.

Figura 3 – Representação da integração dos componentes socioeconômico, socioambiental e geográfico para a composição do mapa de destaque territorial.



3.2.1 Componente Socioeconômico

A componente socioeconômica, representada pelo índice de vulnerabilidade social, é um índice calculado para o município e que indica a exclusão e vulnerabilidade social identificada no território, variando entre 0 e 1. O IPEA orienta a classificação do índice em cinco categorias: 0 a 0,200 muito baixa vulnerabilidade social; 0,201 a 0,300 baixa vulnerabilidade social; 0,301 a 0,400 média vulnerabilidade social; 0,401 a 0,500 alta vulnerabilidade social; e 0,501 a 1 muito alta vulnerabilidade social (IPEA, 2015).

O IVS é gerado por município e fornecido na forma de tabela, a qual contém uma coluna referente ao código municipal com sete dígitos, utilizado como chave para o relacionamento entre os dados da tabela e os polígonos dos municípios oriundos da base de dados territorial do IBGE.

De forma a promover a normalização dos dados, os índices de vulnerabilidade foram agregados e reclassificados para o intervalo entre 1 e 10. Os novos valores de IVS foram, então, atribuídos aos polígonos dos municípios e o mapa resultante foi convertido do formato vetorial para o formato matricial. A resolução espacial adotada para a composição dos mapas em formato raster foi de 500 m.

3.2.2 Componente Socioambiental

Existe uma vasta literatura sobre índices socioambientais que analisam as dinâmicas na paisagem (FUSHITA, 2011, CARVALHO-RIBEIRO *et al.*, 2016), porém os resultados dessas análises variam em escala, extensão e intensidade de acordo com a interação ou intervenção do homem na natureza (HAFFER, 1992, LANG e BLASCHKE, 2009). Nesse sentido, o estudo da variação espacial em paisagem em diferentes escalas é atributo da Ecologia da Paisagem (Associação Internacional de Ecologia da Paisagem) (IALE, 1998).

Um dos índices utilizados na literatura internacional para medir alterações da paisagem ao longo do tempo é o índice de hemerobia, que mede o nível de antropização da paisagem. As alterações ocorridas na cobertura da terra podem ser classificadas em nenhuma alteração, onde a paisagem é considerada “natural” ou pouca antropização (Ahemeroobiotico), “quase natural” com mais aspectos naturais do que artificiais (Oligohemeroobiotico), “semi (agri) natural” com mais aspectos artificiais do que naturais (Mesohemeroobiotico) e as “agri-cultural” que são artificiais (Euhemeroobiotico) (JALAS, 1953 *apud* TOPPMAIR, 1989, SUKOPP, 1972).

O índice hemerobia é muito utilizado para associar classes de uso e cobertura da terra a níveis de antropização e intensificação do uso do solo em um dado momento no tempo (FUSHITA *et al.*, 2017). Essa análise permite avaliar o grau de antropização de diferentes paisagens e trás grande relevância internacional, visto que a perda global de biodiversidade e serviços ecossistêmicos é, cada vez mais, associada a pressões antrópicas associadas ao uso e cobertura do solo.

O mapa dos índices de hemerobia gerado neste estudo foi construído a partir da associação entre os níveis de antropização do território brasileiro e as 31 classes de cobertura e uso do solo do IBGE (2012) reclassificadas para assumir valores entre 1 e 10 (Quadro 2). A nota máxima atribuída ao nível de antropização (10) foi designada às classes "floresta plantada" e "áreas urbanas". Essa premissa simplifica a realidade, por não diferenciar a composição e a estrutura tanto das florestas plantadas quanto das áreas urbanas. Seguindo o mesmo princípio, os menores níveis de antropização (1 e 2) foram atribuídos às classes "corpos de água" e "matas/florestas naturais" (Quadro 2).

Quadro 2 – Reclassificação do uso do solo em classes de hemerobia.

Classe	Descrição da Classe	Índice Hemerobia
1	Área entre 50% e 25% ocupada por estabelecimentos agropecuários	4
2	Área entre 25% e 10% ocupada por estabelecimentos agropecuários	3
3	Área com menos de 10% de ocupação por atividade agropecuária	2
4	Florestas Plantadas	10
5	Área urbanizada	10
6	Pastagens + Matas e/ou florestas	5
7	Pastagens	8
8	Lavouras + Pastagens	7
9	Pastagens plantadas	9
10	Usos diversificados	5
11	Matas e/ou florestas + Pastagens	7
12	Lavouras + Matas e/ou florestas	5
13	Pastagens + Lavouras	8
14	Lavouras temporárias	7
15	Matas e/ou florestas + Lavouras	5
16	Lavouras	9
17	Outras coberturas e usos + Usos diversificados	5
18	Matas e/ou florestas naturais	1
19	Pastagens naturais	2
20	Pastagens + Sistemas agroflorestais	3
21	Lavouras permanentes	7
22	Sistemas agroflorestais + usos diversificados	4
23	Matas e/ou florestas	1
24	Pastagens + Outras coberturas e usos	8
25	Outras coberturas e usos	5
26	Sistemas agroflorestais	3
27	Matas e/ou florestas + Outras coberturas e usos	2
28	Uso de corpo d'água costeiro para pesca, aquicultura, lazer e turismo	1
29	Lavouras + Outras coberturas e usos	9
30	Lavouras + Sistemas agroflorestais	6
31	Matas e/ou florestas + Sistemas agroflorestais	2

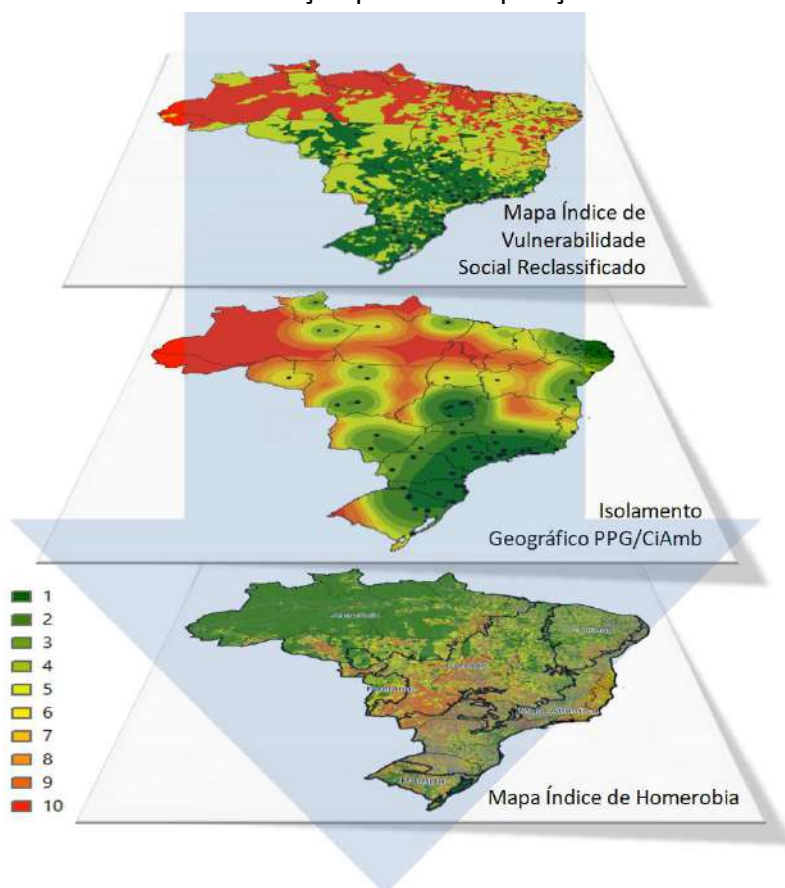
Além da reclassificação, realizou-se também a reamostragem espacial do dado matricial. De forma análoga à componente socioeconômica, o mapa de hemerobia foi compilado com a resolução espacial de 500 m para compatibilizar os componentes e possibilitar a análise multicritério.

A análise multicritério consiste em um procedimento utilizado para auxiliar a tomada de decisão em sistemas complexos (SAATY, 1994) e quando combinada com as geotecnologias permite reduzir o tempo de análise, além de ilustrar as regiões de maior e menor viabilidade de implantação e desenvolvimento de projetos na forma de mapas, gráficos e tabelas (STICH *et al.*, 2011 ; NOBREGA *et al.*, 2009, MALCZEWSKI, 1999).

Neste trabalho empregou-se a álgebra de mapas (O'HARA *et al.*, 2000) para combinar as três dimensões consideradas neste estudo (Equação 1). A variação dos pesos atribuídos a cada critério (p1, p2 e p3) possibilita o cálculo de cenários alternativos (análise de sensibilidade) para a escolha da solução mais apropriada.

$$\text{Resultado} = \text{Critério 1} * p1 + \text{Critério 2} * p2 + \text{Critério 3} * p3 \quad (1)$$

Figura 5 – Mapas resultantes das componentes socioeconômica, ambiental e espacial, utilizadas como camadas de informação para a composição do modelo multicriterial.



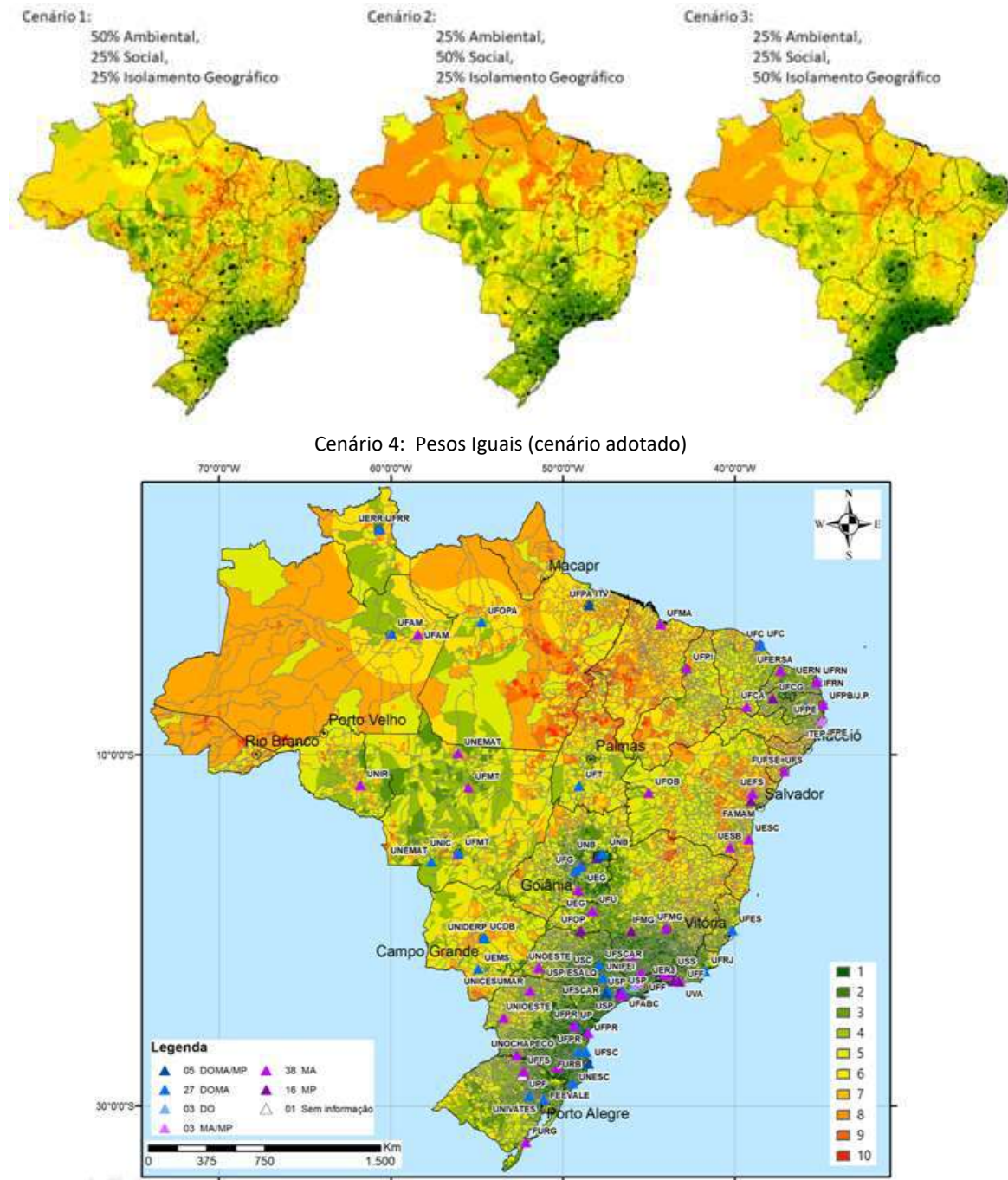
O resultado do processo de álgebra de mapas é um dado matricial, em que os valores atribuídos aos pixels correspondem à grandeza do fenômeno em análise. O produto é comumente denominado como superfície de custo acumulado, pois os valores dos pixels representam o custo de oportunidade atribuído à posição geográfica de cada pixel. Quanto mais alto o valor, maior é o custo (ou esforço) a ser despendido para uma determinada ação, no contexto espacial do pixel em questão (NOBREGA, 2009; SADASILUNI, 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A modelagem espacial proposta utilizou três critérios distintos para a construção do mapa de destaque territorial e possibilitou a criação de cenários diversos, elaborados

como alternativas para a “análise de sensibilidade” aplicada na avaliação da inserção socioambiental dos PPGs na área de *Ciências Ambientais*. A Figura 6 mostra os quatro cenários produzidos pela variação da atribuição de pesos (participação) das três dimensões consideradas.

Figura 6 – Mapas de *destaque territorial* com diferentes pesos atribuídos às dimensões socioeconômica, socioambiental e geográfica.



O cenário 1 acentua a participação do critério socioambiental, e, conseqüentemente, as regiões com índices de destaque territorial mais acentuados foram influenciadas

pelo alto grau de antropização da paisagem revelado pela hemerobia. No cenário 2 predomina o critério socioeconômico, e, portanto, as regiões de IVS's mais acentuados contribuíram fortemente para elevar o índice de destaque territorial, particularmente na bacia amazônica. No cenário 3 prevalece o índice de isolamento geográfico dos PPGs nas *Ciências Ambientais* e, nesse caso, nota-se que nas regiões com concentração significativa de PPGs possuem baixos índices de destaque territorial, ao passo que as regiões isoladas possuem valores mais elevados (Figura 6).

Para minimizar as discrepâncias que poderiam decorrer dos pesos atribuídos aos cenários 1, 2 e 3 (Figura 6), adotou-se um quarto cenário, dimensionado de forma que os três critérios considerados no modelo obtivessem o mesmo grau de influência no resultado, ou seja, 33,33% de peso para cada componente. Dessa forma, o modelo correspondeu melhor às expectativas e fez jus à coerência da solução proposta.

Como resultado do modelo, o mapa de destaque territorial cumpriu o papel de revelar as diferentes demandas por investimentos e ações de fomento por parte da Capes na perspectiva da coordenação da área de *Ciências Ambientais*. Além disso, o mapa abrange toda a extensão territorial brasileira, com riqueza de detalhe em nível sub-municipal.

5 APLICAÇÃO DO MAPA DE DESTAQUE TERRITORIAL NA TOMADA DE DECISÃO

O modelo proposto foi elaborado para auxiliar, de forma qualitativa, a tomada de decisão da Comissão de Avaliação Quadrienal 2017 dos PPGs da área de *Ciências Ambientais* da Capes durante o processo de avaliação quadrienal dos cursos de pós-graduação. Além dessa aplicação, o modelo também foi utilizado em uma análise quantitativa para apoiar a alocação de bolsas de estudo do Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais (PPG-AMSA).

5.1 Análise qualitativa: apoio na avaliação quadrienal 2017

A Comissão de Avaliação Quadrienal 2017 dos PPGs em *Ciências Ambientais* da Capes utilizou o mapa *destaque territorial* (Figura 6) para conferir ao quesito *Inserção Social* uma métrica com interpretação qualitativa. Na ocasião, os consultores tiveram acesso ao mapa digital (cenário 4), com dez faixas de vulnerabilidade apresentadas em escala de cores, e receberam também um roteiro a ser utilizado na análise.

As classes entre 1 e 3 (predominância verde) foram consideradas de baixa vulnerabilidade socioeconômica e ambiental, entre 4 e 7 (predominância amarela) de média vulnerabilidade e entre 8 e 10 (predominância vermelha) de alta vulnerabilidade (Figura 6 - cenário 4).

A primeira etapa da análise de destaque territorial fazia referência à localização do PPG em relação ao município (capital, interior ou área de fronteira) e à espacialidade territorial na vizinhança do município, para identificar vulnerabilidades ou não da microrregião (estado e bioma). Na segunda etapa o consultor identificava se o PPG estava inserido em área de vulnerabilidade, conforme as classes identificadas no mapa. Por último, uma análise qualitativa relacionava as informações descritas pelos PPGs (projetos de pesquisa, teses ou dissertações, produções geradas, origem e perfil do discente/egresso) com o enfrentamento das vulnerabilidades socioeconômicas e socioambientais, sobretudo territoriais e microrregionais.

Cabe ressaltar também que a análise de destaque territorial considerou a existência de PPGs que poderiam contribuir com ações de enfrentamento de vulnerabilidades, ainda que não estejam fisicamente localizados em área de vulnerabilidade, utilizando-se informações como origem do discente, projetos de pesquisa, etc.

5.2 Análise quantitativa: alocação de bolsa de estudo no PPG-AMSA/UFMG

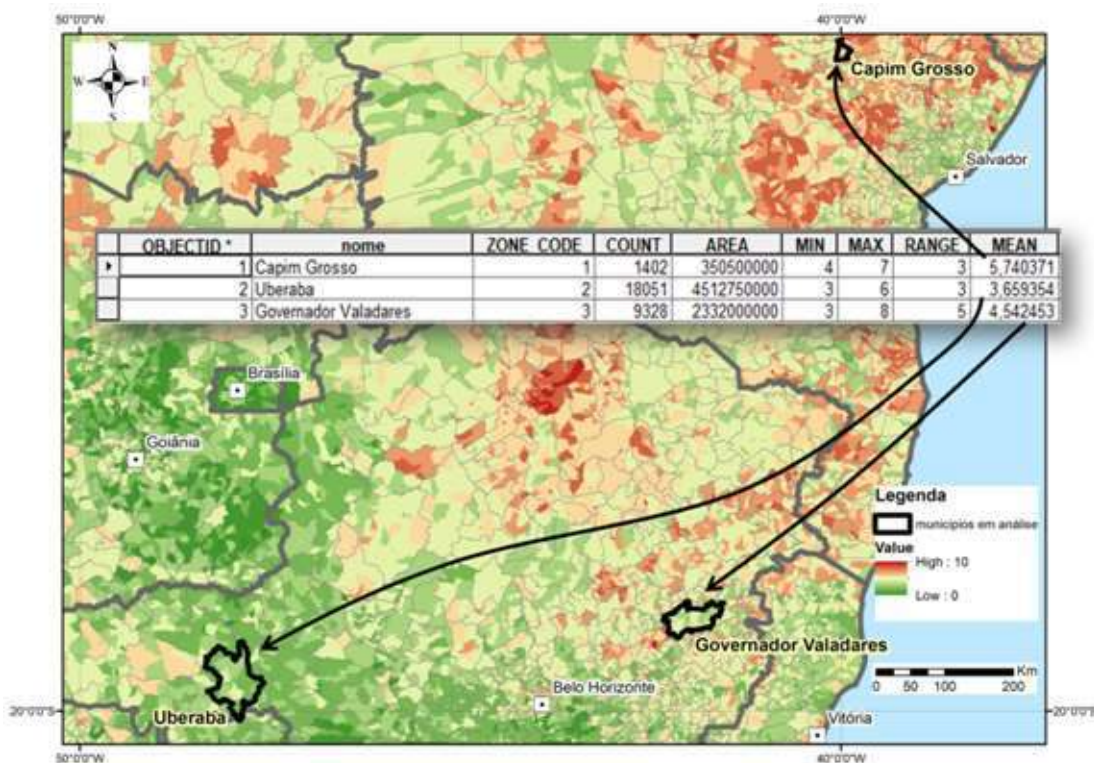
Nos últimos anos a coordenação do Instituto de Geociências e do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais (PPG-AMSA/UFMG) vem incorporando ações de fortalecimento e inserção do programa no cenário nacional e internacional. Uma das ações é a chamada *nucleação*, que corresponde ao estímulo à captação de estudantes de pós-graduação oriundos de áreas distantes da Região Metropolitana de Belo Horizonte, onde o curso é sediado.

O objetivo do PPG-AMSA/UFMG é que as ações de nucleação possam atrair profissionais residentes preferencialmente em regiões com baixa oferta de vagas em cursos de pós-graduação em *Ciências Ambientais*, e que a formação oferecida aos discentes possibilite o preenchimento de lacunas e a disseminação do conhecimento quando do retorno desses profissionais para suas regiões de origem. Nesse sentido, em seu último processo seletivo, o programa designou, em caráter singular, uma bolsa de estudos destinada a promover a nucleação. O critério de seleção do bolsista baseou-se na métrica de localização do município do candidato no mapa de destaque territorial (Figura 7), considerando-se os mesmos critérios do modelo proposto neste estudo (vulnerabilidade socioeconômica, ambiental e isolamento geográfico).

Três alunos ingressos em 2018 se inscreveram para a bolsa de nucleação, sendo dois oriundos de municípios mineiros (Governador Valadares e Uberaba) e o outro do estado da Bahia (Capim Grosso). Após o lançamento dos polígonos dos municípios de origem dos candidatos sobre o mapa de destaque territorial, calculou-se o índice de vulnerabilidade de cada município, admitindo-se o valor médio do território para a

tomada de decisão. Quanto maior o índice, maior o destaque territorial da região para ações em prol do fortalecimento da ciência e educação.

Figura 7 – Recorte geográfico do mapa de destaque territorial aplicado na seleção de candidato à bolsa de nucleação do PPG-AMSA/UFGM para os ingressantes em 2018.



Após consulta ao mapa de destaque territorial, a bolsa de nucleação foi destinada ao candidato oriundo do município de Capim Grosso (BA), por apresentar o maior índice de vulnerabilidade dentre os municípios de origem dos discentes que participaram do processo seletivo. Cabe ressaltar que a seleção do bolsista transcorreu de forma serena, objetiva e transparente, com pleno apoio da Pró-Reitoria de Pós-Graduação da UFGM, e esse mesmo processo deverá ser repetido em 2019.

Graças ao processo seletivo, o PPG-AMSA/UFGM tem atraído estudantes de diversas regiões do país, incluindo um número significativo de estudantes oriundos de municípios distantes e com índices de vulnerabilidade elevados, localizados no Acre, no Maranhão, no Piauí, no Pará e na Bahia.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo propõe uma metodologia para qualificar a inserção social dos Programas de Pós-Graduação (PPGs) na área de *Ciências Ambientais* da Capes, por meio da verificação do grau de vulnerabilidade socioeconômica e ambiental, designada ecossocioeconômica, dos municípios brasileiros e da utilização de técnicas de geotecnologia (modelagem espacial).

O modelo proposto integra três dimensões constituídas por critérios consolidados e robustos de análise territorial: 1) socioeconômicos (índice de vulnerabilidade social dos municípios brasileiros, elaborado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA); 2) socioambientais (hemerobia calculada a partir dos dados de cobertura e de uso e ocupação do solo, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE); 3) isolamento geográfico (densidade da localização dos PPGs em *Ciências Ambientais*). Como resultado do modelo tem-se o mapa de *destaque territorial* (escala nacional e detalhamento em nível municipal), que possibilita a visualização espacial dos PPGs, bem como a identificação de vulnerabilidades regionais e do potencial de contribuição dos PPGs em suas áreas de influência.

Para validação do modelo, utilizou-se o mapa *destaque territorial* para apoiar a tomada de decisão em duas oportunidades distintas. A primeira, no processo de avaliação quadrienal 2017 da área de *Ciências Ambientais* da Capes, em relação à inserção social dos PPGs (análise qualitativa), e, a segunda, na seleção de um candidato à bolsa de estudo do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais (PPG-AMSA/UFMG) para a nucleação de estudantes procedentes de áreas em condição de vulnerabilidade socioeconômica e ambiental (análise quantitativa). Nos dois casos obteve-se o êxito almejado.

Além das aplicações examinadas neste estudo, outras possibilidades de utilização do mapa *destaque territorial* da Capes são vislumbradas para coordenação da área de *Ciências Ambientais*: diagnóstico de localidades prioritárias para indução de novos cursos; direcionamento de talentos humanos e recursos financeiros em editais destinados a áreas em condições de vulnerabilidade socioeconômica e ambiental; incentivo à criação de novas redes de pesquisa e de colaboração entre PPGs inseridos em áreas mais vulneráveis e menos vulneráveis; mapeamento das atuações e dos impactos de suas pesquisas, ensino e extensão dos PPGs (âmbito local, regional e nacional); diagnóstico da inserção profissional dos egressos dos PPGs (sobretudo os discentes procedentes de áreas vulneráveis).

Nesse sentido, a modelagem proposta constitui-se em uma metodologia inovadora, capaz de ampliar a capacidade de análise da área de *Ciências Ambientais* da Capes, por meio da espacialização de critérios múltiplos, e inédita, pois não há literatura semelhante.

Embora o modelo apresentado seja robusto (capacidade de processamento e resultados) e flexível (possibilidade de adaptação e reprodutividade), os autores constataram a necessidade de inclusão de novos dados que possam apurar o

levantamento das demandas regionais, seja pela qualidade da informação ou pela sua atualização. Nesse sentido, identificou-se potencial para o aperfeiçoamento do modelo por meio do emprego de informações de cobertura do solo provenientes do Projeto MapBiomass (dados mais recentes e com maior resolução espacial). De forma análoga, uma alternativa a ser considerada para o componente de isolamento geográfico consiste na integração de outros dados, como distância entre o PPG e as agências de fomento e de capitais, a densidade de rodovias e o distanciamento de aeroportos, entre outros critérios.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à coordenação da área de *Ciências Ambientais* da Capes pelo apoio, ao IBGE e ao IPEA pelo fornecimento dos dados utilizados no trabalho, bem como ao CNPq pelo suporte à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AAE, Agência Ambiental Européia. *Programa CORINE Land Cover*, 2018. Acesso em: 31/07/2018. Disponível em: <www.eea.europa.eu/publications/CORO-landcover>
- BELEM, A. L. G.; NUCCI, J. C. Hemerobia das paisagens: conceito, classificação e aplicação no bairro Pici - Fortaleza/CE. *Raega*, v. 21, p. 204-233, 2011.
- BERBERIAN, C. F. Q.; VIEIRA, R. R. T.; DIAS FILHO, N.; FERRAZ, C. A. M.; NOBREGA, R. A. A. O uso de geotecnologias como uma ferramenta para o Controle Externo. *Revista do Tribunal de Contas da União*, v. 133, p. 40-53, 2016.
- BRASIL. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Plano Nacional De Pós-Graduação (PNPG) 2011-2020 - Documentos Setoriais, Brasília v. II, 2010. Acesso em: 27/06/2018. Disponível em: <www.capes.gov.br/images/stories/download/PNPG_Miolo_V2.pdf>
- BURROUGH, P.; MCDONNELL, R. *Principles of Geographic Information Systems*. New York: Oxford University Press, 1998. 333p.
- CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Coleta Capes – Dados cadastrais dos programas. Plataforma Sucupira, 2018. Acesso em: 26/06/2018. Disponível em: <<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/programa/listaPrograma.jsf;jsessionid=MEWq3XMIVqDjTKwUj2XpjBC+.sucupira-2182018>>
- CARVALHO-RIBEIRO, S.; PINTO CORREIA, T.; PARACCHINI, M. L.; SCHÜPBACH, B.; ODE SANG, A.; VANDERHEYDEN, V.; SOUTHERN, A.; JONES, P.; CONTRERAS, B.; O'RIORDAN, T. Assessing the ability of rural agrarian areas to provide cultural ecosystem services (CES): A multi scale social indicator framework (MSIF). *Land Use Policy*, v. 53, p. 8-19, 2016.
- DONOVAN, C. The Australian Research Quality Framework: A live experiment in capturing the social, economic, environmental and cultural returns of publicly funded research. IN: Coryn, C. L. S. and Scriven, M. (Eds) *Reforming the Evaluation of Research. New Directions for Evaluation*, v. 118, p. 47–60, 2008.
- ESTOQUE, R. C.; MURAYAMA, Y. A worldwide country-based assessment of social-ecological status using the social-ecological status index. *Ecological Indicators*, v. 72, p. 605-614, 2017.
- EUROPEAN COMMISSION. European Research Area. Assessing Europe's University-Based Research Expert Group on Assessment of University-Based Research, Brussels, 2010, p. 148. Acesso em: 28/06/2018. Disponível em: <https://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/assessing-europe-university-based-research_en.pdf>
- FERNANDES, V.; SAMPAIO, C. A. C. A natureza da problemática socioambiental. In: SILVA, S. D. e; SAYAGO, D./ TONI, F; CAMPOS, F. I. *Ensaio em ciências ambientais: crises riscos e racionalidades*. 1 ed., Rio de Janeiro: Garamond, v.1, p. 153-166, 2016.

- FERREIRA JUNIOR, J. I.; NOBREGA, R. A. A. ; OLIVEIRA, L. K. Geographic data modeling to define alternative transport corridors to bypass the Metropolitan Region of Belo Horizonte: comparative scenarios. *Revista do Tribunal de Contas da União*, v. 137, p. 1-10, 2016.
- FURTADO, A. T.; BIN, A.; BONACELLI, M. B. M.; PAULINO, S. R.; MIGLINO, M. A.; CASTRO, P. F. D. Evaluation of the results and impacts of a social-oriented technology program in Brazil: the case of PROSAB (a sanitation research program). *Research Evaluation*, v. 18, n. 4, p. 289-300, 2009.
- FUSHITA, A. T. Padrão espacial e temporal das mudanças de uso da terra e sua relação com indicadores da paisagem. Estudo de caso: bacia hidrográfica do médio rio Mogi-Guaçu superior/SP (Spatial and temporal patterns of land use changes and their relationship to landscape indicators. Case study: watershed of the middle Mogi-Guaçu river/SP). Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2011, 228 p.
- FUSHITA, A. T.; EDUARDO, J.; ROCHA, Y. T.; ZANIN, E. M. (2017). Historical Land Use / Cover Changes and the Hemeroby Levels of a Bio-Cultural Landscape: Past, Present and Future. *Journal of Geographic Information System*, v. 9, n. 5, p. 576–590, 2017.
- HAFFER, J. Ciclos de tempo e indicadores de tempos na história da Amazônia. *Estudos Avançados [conectados]*, v. 6, n. 15, p.7-39, 1992. Acesso em 31/08/2018. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01030141992000200002&lng=en&nrm=iso>
- HUMMELL, B. M. L.; CUTTER, S. L.; EMRICH, C. T. Social Vulnerability to Natural Hazards in Brazil. *International Journal of Disaster Risk Science*, v. 7, p. 111-122, 2016.
- IALE, INTERNATIONAL ASSOCIATION LANDSCAPE ECOLOGY. Boletim do Simpósio (1998). Acesso em: 01/08/2018. Disponível em: <www.landscape-ecology.org/fileadmin/user_upload/content/bulletin/bulletin16_6e.pdf>
- IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil, 2012. Acesso em: 26/06/2018. Disponível em: <www.ibge.gov.br/apps/monitoramento_cobertura_uso_terra/v1/>
- IPEA, INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros. Brasília: IPEA, 2015. Acesso em: 26/06/2018. Disponível em: <http://ivs.ipea.gov.br/images/publicacoes/lvs/publicacao_atlas_ivs_rm.pdf>
- LANG, S.; BLASCHKE, T. Análise da paisagem com SIG (Landscape analysis with GIS). São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- KRAKER, J. Social learning for resilience in social-ecological systems. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 28, p. 100-107, 2017.
- MALCZEWSKI, J. *GIS and Multi-criteria Decision Analysis*. Wiley, New York, NY, 1999.
- NOBREGA, R. A. A. Geoprocessamento: a importância de conhecer o onde, o quando e o quanto no planejamento e gestão territorial e na definição de políticas públicas. *FONTE (BELO HORIZONTE)*, v. 5, p. 62-63, 2018.
- NOBREGA, R. A. A.; BROOKS, C.; OHARA, C. G.; Stich, B. Multi-scale GIS Data-driven Method for Early Assessment of Wetlands Impacted by Transportation Corridors. In: Bhuiyan M. Alam (Ed). (Org.). *The Geographic Information System*. 1 ed, Rijeka: InTech, 2012, p. 20.
- NOBREGA, R. A. A. Understanding Spatial-Criteria Decision Making: an analytical demonstration of AHP-based MCDM and how it is used in GIS. In: NCRST - SEPP: Memphis Workshop, Memphis, TN - USA. National Consortium for Remote Sensing and Transportation Annual Meeting, 2009.
- O'HARA, C. G.; DAVIS, A. A.; KLEISS B. A. A decision support system for prioritizing forested wetland restoration in the Yazoo Backwater Area, Mississippi, working paper", United State Geological Service - Water Resources Investigation Report 00-4199. United States Geological Service, Pearl, MS, 2000.
- PENFIELD, T.; BAKER, M. J.; SCOBLE, R.; WYKES, M. C. Assessment, evaluations, and definitions of research impact: A review. *Research Evaluation*, v. 23, p. 21–32, 2014.
- REF, RESEARCH EXCELLENCE FRAMEWORK. Department for Employment and Learning. Decisions on assessing research impact, United Kingdom, 2014. Acesso em: 28/06/2018. Disponível em: <www.ref.ac.uk/2014/media/ref/content/pub/decisionsonassessingresearchimpact/01_11.pdf>
- RYERSON, B.; ARONOFF, S. Why 'Where' Matters: Understanding and Profiting from GPS, GIS, and Remote Sensing. Manotik, Ontario, Canada: Kim Geomatics Corporation, 2010, 379 pp.

- SAATY, T. L. *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the AHP*, RWS Publications, Pittsburgh, PA, 1994.
- SADASIVUNI, R.; NOBREGA, R. A. A.; OHARA, C. G.; DUMAS, J. A. Transportation Corridor Case Study for Multi-Criteria Decision Analysis. In: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing Annual Meeting, 2009, Baltimore, MD - USA. Proceedings of 75th ASPRS annual meeting, 2009.
- SAMPAIO, C. A. C.; CORTEZ, J. S. A.; SCHIMITT, J. L. Documento de área - Ciências Ambientais. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Brasília: Capes, 2016. Acesso em: 26/06/2018. Disponível em: <www.capes.gov.br/images/documentos/Documentos_de_area_2017/49_CAMB_docarea_2016_publicacao.pdf>
- SAMPAIO, C. A. C.; CORTEZ, J. S. A.; SCHIMITT, J. L. Relatório de Avaliação Quadrienal - Ciências Ambientais. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Brasília: Capes, 2017. Acesso em: 26/06/2018. Disponível em: <www.capes.gov.br/images/stories/download/avaliacao/relatorios-finais-quadrienal-2017/20122017-CIENCIAS-AMBIENTAIS-quadrienal.pdf>
- SOBRAL, M. C. M.; SAMPAIO, C. A. C.; FERNANDES, V.; PHILIPPI Jr, A. Práticas interdisciplinares em ciências ambientais. In: PHILIPPI Jr., A.; FERNANDES, V. Práticas da interdisciplinaridade no ensino e pesquisa. Barueri: Manole, 2014.
- SOBRINHO, J. D. Avaliação ética e política em função da educação como direito público ou como mercadoria? *Educação & Sociedade*, v. 25, n. 88, p. 703-725, 2004. Acesso em: 27/06/2018. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/es/v25n88/a04v2588.pdf>
- SPAGNOLO, F.; SOUZA, V. C. O que mudar na avaliação da CAPES? *Revista Brasileira de Pós-graduação*, v. 1, n. 2, p. 8-34, 2004.
- STICH, B. ; HOLLAND, J. H. ; NOBREGA, R. A. A. ; O'HARA C. G.. Using multi-criteria decision making to highlight stakeholders values in the corridor planning process. *Journal of Transport and Land Use*, v. 4, p. 105-118, 2011.
- SUKOPP, H. Wandel von Flora und Vegetation in Mitteleuropa unter dem Einfluss des Menschen. *Berichte über Landwirtschaft*, Bd. 50/H.1: 112-139, 1972.
- TROPPEMAIR, H. *Biogeografia e Meio Ambiente*. Rio Claro/SP, 1989, 258p.
- RÜDISSE, J.; TASSER, E.; TAPPEINER, U. Distance to nature—A new biodiversity relevant environmental indicator set at the landscape level. *Ecological Indicators*, v. 15, p. 208-216, 2012.
- WALZ, U.; STEIN, C. Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. *Journal for Nature Conservation*, v. 22, p. 279-289, 2014.
- WELLMANN, T.; HAASE, D.; KNAPP, S.; SALBACH, C.; SELSAM, P.; LAUSCH, A. Urban land use intensity assessment: The potential of spatio-temporal spectral traits with remote sensing. *Ecological Indicators*, v. 85, p. 190-203, 2018.