Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Análise de Fragilidade Ambiental a partir de Técnicas de Geoprocessamento: Área de Influência da Hidrelétrica de Mauá - PR

Camila Storto¹, Guilherme Pereira Cocato²

¹ Especializanda em Geografia, Universidade Estadual de Londrina, Rod. Celso Garcia Cid, PR-445 km 380, Campus Universitário, Londrina-PR. Autor correspondente: cami.storto@gmail.com. ² Especializando em Geografia, Universidade Estadual de Londrina. guilherme_pereira@yahoo.com.br.

Artigo recebido em 27/02/2018 e aceite em 28/05/2018

RESUMO

Transformações cada vez mais rápidas têm ocorrido no meio socioambiental nos últimos três séculos, a partir da era industrial e do estabelecimento de uma sociedade que eleva o consumo e consequentemente intensifica a exploração de recursos naturais. Neste contexto, a construção de usinas hidrelétricas se revela como parte essencial para a sobrevivência de nossas atividades cotidianas, sejam elas econômicas, políticas, sociais ou culturais. Também são inúmeros os impactos desses gigantes de concreto. A Hidrelétrica de Mauá é uma expoente deste grupo, possuidora de grande potencial para a geração de energia instalado. Este trabalho tem o intuito de aferir os níveis de fragilidade ambiental desta área, adaptando-se a metodologia proposta por Ross (1994), em que se consideram informações locais de âmbito natural e social, principalmente dados de declividade, tipos de solo e uso/ocupação da área em questão, delimitada pelos municípios de Ortigueira e Telêmaco Borba – PR. Imprescindível para a realização deste estudo foram as técnicas de geoprocessamento, pelas quais se verificou grande abrangência de atividades como pastagens/campos e o cultivo de Eucalipto e Pinus, promovendo discussões acerca das alternativas para melhores usos do solo de um determinado recorte espacial, de acordo com seus níveis de declividade e diversidade de solos.

Palavras-chave: Fragilidade ambiental, Geoprocessamento, Hidrelétrica de Mauá-PR.

Analysis of Environmental Fragility from Geoprocessing Techniques: Area of Influence of the Mauá Hydroelectric Plant – PR

ABSTRACT

Increasingly fast transformations have occurred in the social and environmental environment in the last three centuries, from the industrial era and the establishment of a society that raises consumption and consequently intensifies the exploitation of natural resources. In this context, the construction of hydroelectric power plants is an essential part for the survival of our daily activities, be they economic, political, social or cultural. There are also numerous impacts of these concrete giants. The Mauá hydroelectric plant is an exponent of this group, which has great potential for the generation of installed energy. This work intends to assess the environmental fragility levels of this area, adapting the methodology proposed by Ross (1994), which considers local information of natural and social scope, mainly slope data, soil types and use / occupancy of the area in question, delimited by the municipalities of Ortigueira and Telêmaco Borba - PR. Essential for the accomplishment of this study were the geoprocessing techniques, through which a wide range of activities such as pastures / fields and the cultivation of Eucalyptus and Pinus were verified, promoting discussions about the alternatives for better uses of the soil of a certain spatial cut, according to with their levels of slope and diversity of soils.

Keywords: Environmental fragility, Geoprocessing, Mauá-PR hydroelectric plant.

Introdução

No decorrer da história, as relações entre homem e natureza se complexificam à medida que o homem avança em suas atividades produtivas, tecnológicas e sociais. As diversas apropriações em

diferentes espaços geográficos promoveram transformações em escala e intensidade inimagináveis. Seguindo o raciocínio de Ross (1994), os ambientes naturais permaneceram em estado de equilíbrio até meados do século XVIII,

1694

em que a espécie humana ainda não possuía capacidade de intervir radicalmente no espaço.

A partir principalmente da industrialização, seguida de intensa urbanização, a sociedade mudou por completo, acompanhada de seus hábitos, valores e qualidade de vida. Em suas diversas obras, Milton Santos (1988; 2006) discorre acerca das modificações exercidas pelo homem, que resultam numa Natureza Artificial. A produção de conhecimento e técnica foi elevada a patamares nunca vistos na história, assim como a exploração de elementos naturais e produção espacial, entretanto a prevista e almejada dominação da natureza não ocorreu. Apesar da recente e atual preocupação com a questão ambiental, seguida dos avanços obtidos nesse âmbito, ainda é incipiente ações efetivas que assegurem um sólido ordenamento e gestão socioambientais.

Atualmente, os elementos ambientais são tratados cada vez mais como recursos, porém sua exploração e apropriação ocorrem de acordo com uma lógica econômica envolvida por relações de poder e desigualdade.

Estas dinâmicas se evidenciam nos processos de apropriação da terra, nas maneiras de utilização da mesma, e em realidades que se avizinham, contemporâneas e ao mesmo tempo altamente contraditórias.

De acordo com Spörl e Ross (2004), alterações nos diversos componentes naturais podem resultar em uma perda de funcionalidade do sistema e ruptura do seu estado de equilíbrio dinâmico. Representações disso são as violentas explorações naturais, a erradicação de cobertura vegetal e a ocupação irregular e desordenada, significando um perigo iminente frente à processos erosivos, escoamento superficial e perda de propriedades do solo.

Os sistemas socioambientais caracterizam-se em espaços geográficos estruturados por meio de ocupação territorial espontânea ou planejada, e é nesse contexto que os espaços naturais devem ser compreendidos e geridos considerando suas potencialidades e fragilidades ambientais.

Entender as dinâmicas e características locais de determinada área é imprescindível, considerando a necessidade permanente de propor melhorias nos mais diferentes aspectos, sejam elas oriundas do poder público, população e/ou várias áreas do conhecimento existentes.

A ciência geográfica permite realizar recortes específicos de análise, buscando semelhanças, mas também considerando a heterogeneidade entre ambientes. É dever pensar na indissociabilidade entre componentes naturais e

sociais. Neste contexto, as geotecnologias se materializam como grandes aliadas, oferecendo ferramentas importantes na caracterização, monitoramento e gestão do espaço, atuando de forma eficaz na detecção de possíveis impactos. Os SIG's ganham destaque, já que são capazes de pautar de forma integrada grande número de variáveis, de acordo com as mais diversas finalidades.

Conhecer e analisar os diferentes graus de exposição do ambiente natural e população nele presente, de acordo com os níveis de fragilidade ambiental, permite a intervenção com bases técnico-científicas, no intuito de possibilitar a interação entre problemas sociais e ambientais, auxiliando no planejamento e reordenação do espaço geográfico.

Uma das atividades que mais transforma o espaço é a de geração de energia por meio das usinas hidrelétricas. A construção de barragens altera drasticamente a dinâmica de um sistema natural, invariavelmente desequilibrando-o.

Entre os municípios de Ortigueira e Telêmaco Borba – PR, está localizada a Usina Hidrelétrica Governador Jayme Canet Júnior (anteriormente intitulada Hidrelétrica de Mauá). O empreendimento é gerido pelo Consórcio Energético Cruzeiro do Sul (CECS). Com potência instalada de 363 MW, teve suas operações comerciais iniciada em novembro de 2012.

O presente trabalho analisa a fragilidade ambiental dos municípios citados, que se encontram na área de influência direta da Usina Hidrelétrica em questão. Tendo como base o modelo de Ross (1994), consideraram-se elementos socioambientais como uso do solo, declividade do terreno e classes de solos.

Material e métodos

Os materiais cartográficos utilizados foram mapas na escala de 1:50.000, de declividade e hipsometria, mapas de solos e de uso e ocupação do solo do estado do Paraná, fornecidos pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG). Fez-se levantamento bibliográfico acerca da hidrelétrica de Mauá e da metodologia de fragilidade ambiental. Para a elaboração dos mapas aqui expostos foi utilizado o *software ArcGIS 10.3*.

Área de Estudo - A hidrelétrica de Mauá se localiza no Segundo Planalto Paranaense, na sub-bacia do Rio Tibagi, pertencente à bacia do Rio Paraná, entre os municípios de Ortigueira e Telêmaco Borba, no Paraná. A área de estudo corresponde à área dos dois municípios em sua totalidade

(Ortigueira com 2.429,564 km² e Telêmaco Borba com 1.382,860 km²) diretamente afetados pela Usina e seu reservatório (Figura 1).

Compreende assim um recorte das cartas topográficas do Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITGC, 2015), localizadas entre as coordenadas 23°47'45.5"S e 50°53'55.7"W (extremo norte); 24°08'08.0"S e 51°22'24.2"W (extremo oeste); 24°28'05.6"S e 50°28'50.4"W (extremo sul); e 24°17'28.8"S e 50°16'21.0"W (extremo leste).

Dentre os aspectos gerais no âmbito socioeconômico, de acordo com o IBGE (2010), o município de Ortigueira conta com uma população de 23.200 pessoas (estimativa 2017). Considerando o último censo (2010), sua população está diminuindo. Possui um dos IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) mais baixos do estado (0,609), assim como densidade demográfica, que é cerca de nove habitantes por km² (somente para efeito comparativo, a densidade demográfica de Curitiba-PR é de cerca de quatro mil habitantes por km²).

Do total de habitantes, a população ocupada em 2015 era de 36%, e destes, 42,2% não ganhava mais que meio salário mínimo. O PIB (Produto Bruto Interno) per capita em 2015 atingiu R\$ 41.739,00, um índice considerado alto se comparado ao de Londrina no mesmo ano: R\$ 32.387,00 e Brasil (2016): R\$ 30.407,00.

Já em Telêmaco Borba a população estimada em 2017 é de 77.276 habitantes, caracterizando aumento de mais de 10.000 habitantes em relação ao último censo. Sua densidade demográfica é de cerca de 50 habitantes por km². No quesito trabalho e renda, em 2015, de sua população total, 32% se encontrava ocupada. Destas, 34,9% não ganham mais de meio salário mínimo. Seu PIB per capita está na faixa de R\$ 30.000,00 e IDH (2010) é de 0,734.

A partir dos dados expostos acima, como o IDH de cada município, e, principalmente quando se relaciona PIB per capita com a faixa de renda de sua população, já é possível verificar que a área estudada é assolada pela desigualdade socioeconômica.

Figura 1. Localização espacial dos municípios de Ortigueira (à esquerda) e Telêmaco Borba (direita).

Esta área se encontra na formação geológica de cobertura sedimentar paleozoica, de idade entre 570 a 235 milhões de anos, destacando-se os arenitos (Vila Velha e Furnas), folhelhos, betuminosos e carvão mineral.

Os dois municípios pertencem ao Segundo Planalto Paranaense, representando o segundo degrau do relevo escalonado do estado (Maack, 1948), em torno de 750m de altitude. O município de Ortigueira encontra-se, à oeste, na divisa do

Segundo Planalto com a Formação Serra Geral, limitado por sua *cuesta*.

O relevo da área em questão é acidentado e extremamente diversificado em suas formações geomorfológicas e níveis de declividade, por estar próximo à uma área de transição entre planaltos.

Os solos presentes envolvem enorme diversidade, sendo eles: os latossolos (textura média e argilosa), nitossolos, argissolos (abruptos e não-abruptos), cambissolos (aluminicos e não-aluminicos) e neossolos (regolíticos, litólicos e flúvicos).

O clima presente na região divide-se entre Cfa e Cfb, de acordo com a classificação de Köppen. O primeiro trata-se de um clima subtropical com temperaturas médias que variam no inverno entre 18° C e no verão acima de 22° C. As chuvas concentram-se nos meses de verão, sem estação seca definida. O Cfb é um clima temperado com média no mês mais frio abaixo dos 18° C e no mês mais quente abaixo de 22°C. O relevo acidentado e faixa de transição influenciam diretamente nesta mistura.

Anterior ao processo de elaboração dos materiais cartográficos, e de fundamental importância para o embasamento deste trabalho,

destaca-se a definição de uma metodologia clara e já solidificada na ciência geográfica.

Na obra “Ecodinâmica”, Tricart (1977) cunhou o conceito de Unidades Ecodinâmicas, com destaque para as mútuas relações entre os diversos elementos de um sistema dinâmico de meio ambiente, assim como em seus fluxos de energia e matéria. Estes ambientes podem ser classificados tanto como estáveis quanto como instáveis, de acordo com suas partes naturais e sociais.

Influenciado por este conceito, Ross (1994) elaborou a metodologia de “Análise Empírica de Fragilidade Ambiental”. A análise proveniente desta metodologia contribui diretamente na identificação de áreas impactadas e/ou melhor conservadas nos diferentes ambientes.

Ross (1994) destaca que para o entendimento das áreas com diferentes graus de fragilidade, se faz necessário conhecer aspectos referentes a solos, relevo, uso da terra, geologia e clima. Estes dois últimos não foram utilizados por não serem pertinentes ao enfoque deste trabalho.

Para o estudo do relevo foram selecionadas as classes de declividade (Tabela 1), por serem mais adequadas à escala trabalhada. Neste estudo foram consideradas declividades mais acentuadas como sendo mais frágeis.

Tabela 1. Classes de fragilidade das declividades.

Fragilidade	Categorias Hierárquicas (%)	Valor
Muito Forte	Acima de 30	5
Forte	De 20 a 30	4
Média	De 12 a 20	3
Fraca	De 6 a 12	2
Muito Fraca	Até 6	1

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Para a análise dos solos, foi criada a Tabela 2, definindo as classes de fragilidade dos solos de

acordo com seus níveis de erodibilidade, detalhados pela Embrapa (2006).

Tabela 2. Classes de fragilidade dos solos.

Fragilidade	Classes de Solos	Valor
Muito Forte	Neossolos Regolíticos; Neossolos Flúvicos, Gleissolos, Cambissolos Flúvicos e Organossolos; Neossolos Flúvicos, Gleissolos, Cambissolos Flúvicos e Organossolos; Argissolos abruptos e Luvisolos; Neossolos Litólicos; Cambissolos Aluminicos, Chernossolos e Neossolos Quartzarênicos	5
Forte	Argissolos não abruptos; Cambissolos Aluminicos	4
Média	Nitossolos	3
Fraca	Latosolos (textura média)	2
Muito Fraca	Latosolos (textura argilosa e muito argilosa)	1

Fonte: Adaptado de Ross (1994), atualizado conforme Embrapa (2006).

Acerca do uso e ocupação do solo, foram definidos os graus de proteção na Tabela 3,

conforme as atividades desenvolvidas na área e o potencial de proteção que cada tipo de

cobertura/ocupação proporciona ao solo, principalmente em relação ao risco de erosão.

Tabela 3. Graus de proteção do solo.

Graus de Proteção	Tipos de Uso e Ocupação	Valor
Muito Baixa	Solo exposto ou Mineração; Área Urbanizada e Construída	5
Baixa	Pastagens e Campos	4
Média	Agricultura Anual; Vegetação de Várzea	3
Alta	Agricultura Perene; Floresta em Estágio Inicial; Reflorestamento	2
Muito Alta	Floresta em Estágio Médio ou Avançado	1

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

A partir das tabelas expostas, foram gerados mapas temáticos de três variáveis: declividade, solos e uso do solo. Para a construção dos produtos cartográficos finais, de acordo com Ross (1994), primeiro cruzaram-se os mapas de relevo e solos, resultando em um mapa de fragilidade potencial. Na sequência, as informações deste mapa foram cruzadas com as de uso do solo, obtendo-se o produto final intitulado de fragilidade emergente.

Resumindo, as duas principais fases do trabalho se constituíram na elaboração do mapa de fragilidade potencial (a partir dos dados de relevo e

solos da região) e por fim do mapa de fragilidade emergente (cruzando a fragilidade potencial ao uso do solo).

Resultados e discussão

O relevo da área foi classificado e analisado por meio da diferenciação das classes percentuais de declividade, conforme proposto por Ross (1994). Na medida em que a inclinação da vertente for maior, o percentual de declividade aumenta, e em consequência ela estará mais sujeita aos processos erosivos.

Figura 2. Classes percentuais de declividade.

Observa-se pela Figura 2 que existe uma porção da área estudada com relevo suave e levemente ondulado, de classificação até 12% em sua declividade. O município de Telêmaco Borba é permeado por pequenas colinas, suavemente onduladas, e formas geomorfológicas distribuídas ao longo de um relevo uniforme.

No restante predomina uma significativa parcela de relevo acidentado e declividade de forte a muito forte (20 a 30% e acima de 30%), principalmente no município de Ortigueira, que se encontra mais próxima à escarpa que marca a brusca transição entre o Segundo e Terceiro Planalto do Paraná.

Fica destacado neste mesmo município, o 4º maior em área do estado, as linhas demarcadas

por diques diabásicos, originárias de intrusões magmáticas, seguindo no sentido noroeste/sudeste.

Ressalta-se que as áreas com elevada declividade devem permanecer com cobertura vegetal e sem a presença de atividades danosas à esta vegetação e seu substrato. Os riscos de movimentação de massa, erosão e perda do solo e suas propriedades podem ser evitados caso seu uso e ocupação seja planejado de maneira apropriada.

Analizando o mapa de solos (Figura 3), é possível observar a predominância de neossolo regolítico (Ortigueira), argissolos abrup-ticos e luvisolos, argissolos não-abrup-ticos, nitossolos, cambissolos (alumínico e não-alumínico) e latossolos (textura média e argilosa).

Figura 3. Tipos de solo.

Os neossolos regolíticos são solos novos e de pouco desenvolvimento pedogenético. Constituídos por material mineral que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário. Normalmente possuem contato lítico a uma profundidade maior que 50cm (Jacomine, 2009). Estão associados ao declive acentuado da área em questão e necessitam de cuidadoso manejo e cobertura vegetal.

Os argissolos são constituídos de material mineral, possuindo certa concentração de argila, Storto, C., Cocato, G. P.

com atividade baixa ou atividade alta em conjunto com a presença de alumínio (Jacomine, 2009). Estão associados principalmente a relevos de morros com encostas suaves, de declividade média. Consequentemente, para Ross (1994), estes solos se encaixam no grau médio de fragilidade, em que ocorrem com frequência os processos de morfogênese e pedogênese.

O nome de luvisolos provém de “luere”, que significa “iluvial”. Possuem acumulação de argila, alta atividade e saturação por bases.

Segundo Jacomine (2009), apresentam diversos horizontes superficiais e podem ser associados a uma troca constante de propriedades químicas em sua extensão. Também necessitam de um manejo adequado para não se saturarem.

Os nitossolos são solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítico e textura argilosa ou muito argilosa (teores de argila maiores que 350g/kg de solo a partir do horizonte A). Devem seu nome a um aspecto “brilhante”, sendo normalmente profundos e associados a relevos ondulados (de moderado a forte). Dadas estas características, apresentam limitações para ocupação e principalmente uso agrícola mecanizado, dadas à susceptibilidade à erosão.

Cambissolos tem seu grau de fragilidade associada à sua profundidade. Segundo Guerra e Botelho (1998), os mais rasos tendem a sofrer mais com erosões, por estarem em terrenos declivosos e próximos de uma camada impermeável de substrato rochoso rente à superfície. Segundo Jacomine (2009), o termo “cambiar” vem de “trocar” ou “mudar”, representando o seu horizonte B incipiente, não totalmente transformado, seja pela presença de materiais primários intemperizáveis ou por alta atividade de argila.

Já os latossolos são marcados por serem constituídos de material muito alterado,

posicionados sobre relevos de colinas, pouco suscetíveis à erosão e classificados por Ross (1994) como de fragilidade muito baixa. Ainda de acordo com Guerra e Botelho (1998), possuem boa permeabilidade e capacidade de drenagem. Óbvio que estas características necessitam de usos adequados e racionais, com reservas para sua proteção.

Percebe-se que a maior parte da área estudada é formada por solos frágeis, seja por suas declividades acentuadas, seja por profundidades limitadas. Qualquer uso do solo ali presente deve respeitar estes limites, para que solos mais favoráveis às atividades de silvicultura e pecuária, como os latossolos, não sejam castigados até sua total saturação.

No âmbito da erodibilidade, e consequente nível de proteção do solo, associa-se com a declividade e tipos de solo o tipo de atividade exercida, assim como a quantidade e qualidade da cobertura vegetal existente na área.

Por meio do Mapa de Uso do Solo (Figura 4), verificou-se a distribuição espacial das diversas formas de utilização da área, expressas através das suas classes. O Gráfico de Distribuição Percentual das Classes de Uso do Solo (Figura 5) demonstra o valor percentual das áreas ocupadas pelas classes que predominam no mapa.

Figura 4. Tipos de uso do solo.

A análise conjunta do mapa e gráfico permite verificar que pastagens e campos ocupam maior área, principalmente em Ortigueira. A pastagem está intimamente ligada à pecuária, que no referido município, é uma das atividades econômicas mais importantes, e que, segundo o IBGE (2016), detêm o maior rebanho bovino do Estado, com mais de 250 mil cabeças. No total da área de estudo (3.811,07 km²) essa classe corresponde a 32,7%.

Considera-se que a pastagem oferece grau baixo de proteção ao solo, devido aos limites que essa vegetação representa na dinâmica raízes/solos e a capacidade de degradação que a atividade concentra, principalmente em consequência do pisoteio do gado (compactação do solo), e falta ou

má manutenção dos pastos, extremamente agravados em áreas com declive acentuado.

Em seguida, a classe reflorestamento ocupa 30,4% do total da área e engloba a monocultura de Eucalipto e Pinus. O grau de proteção do solo desta classe é considerado alto, porém com algumas ressalvas.

Esse tipo de reflorestamento visa o comércio e como observado no mapa, é praticado principalmente no município de Telêmaco Borba, ocupando também uma significativa área no sudeste de Ortigueira. Foi constatado recentemente *in loco*, as dimensões dessa atividade na região, que segue impulsionada por uma grande empresa de celulose possuidora de duas unidades, uma em cada município da área de estudo, sendo a de Ortigueira uma das maiores deste ramo no mundo.

Figura 5. Distribuição percentual das classes de uso do solo.

Atualmente no Brasil, mais de 70% do reflorestamento praticado é o de caráter comercial, envolvendo principalmente as duas espécies citadas. As desvantagens e possíveis vantagens que esta atividade proporciona para a sociedade e meio ambiente têm gerado debates e controvérsias nos últimos anos, devido ao considerável aumento da atividade no país e seus possíveis impactos. É questionável a utilização do termo "reflorestamento" nesse âmbito, já que esta prática está longe de atender os requisitos mínimos para a

restauração do equilíbrio dinâmico de um sistema natural.

A plantação de eucalipto é o tipo mais popular de reflorestamento devido ao seu rápido crescimento. Sua colheita ocorre a partir de sete anos, o que comparado com o tempo médio de crescimento de qualquer outra espécie é rápido, mas na perspectiva da demanda industrial é considerado lento, justificando a necessidade de grandes áreas de cultivo. Em seu rápido crescimento, o eucalipto necessita de mais energia

e água, que é obtida por meio da fotossíntese e do lençol freático. Enquanto absorve boa quantidade de gás carbônico em curto prazo, em longo prazo as florestas nativas são mais eficientes na captação de CO₂ que as florestas de eucalipto, que são colhidas em poucos anos (ONG Repórter Brasil, 2011).

Em grandes áreas de cultivo, com pouca declividade, pode ocorrer ressecamento do solo e saturação do lençol freático devido à grande demanda dessa espécie por água. Outro problema que merece destaque é o fato de que as copas das árvores do pinus e principalmente do eucalipto são menos densas, e com poucas folhas a interceptação das chuvas ocorre em menor intensidade. Já em áreas com declividade média e alta, a água que atinge a superfície pode provocar maior escoamento superficial e agravar os processos erosivos do solo. Também são capazes de acumular pouquíssima biomassa (ONG Repórter Brasil, 2011).

Em terceiro e quarto lugares, respectivamente, têm-se a floresta em estágio médio/avançado (24,8%) e agricultura anual (7,9%), sendo a primeira: áreas fragmentadas com cobertura vegetal de nível de proteção do solo muito alto; e a segunda de cultivo com ciclos de produção que proporcionam grau médio de proteção ao solo.

Como a área de estudo abrange dois municípios com extensão territorial relativamente grande e densidade demográfica baixa, as áreas urbanizadas não são tão significativas em relação ao total. No entanto, a impermeabilização do solo aliada aos constantes problemas que a aglomeração urbana causa, como cortes de taludes inadequados,

ocupações irregulares, deficiência de infraestrutura (sistemas de drenagem, redes de coleta e tratamento de esgotos e etc.) e alterações nas dinâmicas das bacias, justifica a classificação como grau de proteção muito baixo.

Componente importante na área de estudo, a Usina Hidrelétrica Governador Jayme Canet Júnior e seu reservatório confirma a hipótese de que a região vem sendo tratada como recurso para atender as vontades de agentes específicos que ali estão fixados. Sabe-se que as construções de usinas hidrelétricas são acompanhadas de inúmeros interesses e impactos socioambientais (muitas vezes passando por cima dos direitos da população local), e que, após sua construção, em vários casos não recebe a atenção necessária para minimizar seus impactos.

Observa-se na Figura 4, o predomínio da classe de pastagens/campos e a falta de mata ciliar e áreas de proteção florestal na maior parte do limite leste do reservatório (pertencente à Ortigueira). Assim como pequena faixa intermitente de área com floresta em estágio médio e avançado no limite oeste do reservatório (pertencente à Telêmaco Borba). Situação não condizente com o aceitável para o mínimo de proteção necessária à corpos d'água da magnitude deste reservatório.

O mapa de fragilidade potencial (Figura 6) é a síntese dos dados obtidos pelos tipos de solos e percentuais de declividade do relevo. Esta síntese representa as áreas de fragilidade das variáveis naturais, neste caso com maior peso para os níveis acentuados de declividade da região. A partir desta análise, pode-se discutir e planejar os melhores locais para quaisquer atividades antrópicas.

Figura 6. Níveis de Fragilidade Potencial.

Aferiu-se pelas Figuras 6 e 7 (Gráfico de Distribuição percentual de Fragilidade Potencial), que existe o predomínio de fragilidade potencial alta, em aproximadamente 40% da área. Este resultado reforça a importância de se considerar os índices de declividade presentes, especialmente em uma região de relevo acentuado, e sempre associado aos tipos de solos presentes. Sem tal diagnóstico, qualquer intervenção racional fica inviabilizada, correndo sérios riscos de degradação ao ambiente.

A partir de altos níveis de declive, os solos possuem a tendência de se tornarem mais rasos e suscetíveis aos processos erosivos, devido à lenta pedogênese. Nestes casos é considerado impróprio o uso agrícola/pecuário, assim como torna-se mais difícil outros tipos de ocupação. Também podem

existir casos de solos vulneráveis em declividades não tão altas, o que mesmo assim implica em cuidados especiais por se tratarem muitas vezes de solos novos, rochosos e instáveis para práticas intensas de atividades humanas.

A ocorrência de fragilidade potencial muito alta vem logo em seguida, ocupando mais de 23% do terreno (principalmente em Ortigueira). Sem dúvida esta é classificação de fragilidade natural mais vulnerável aos processos erosivos, que atuam mais facilmente em vertentes extremamente acentuadas. São áreas ainda mais restritivas para o uso e ocupação. Para as fragilidades potenciais alta e muito alta é imprescindível a existência de cobertura vegetal com o menor nível de alteração possível.

Figura 7. Distribuição percentual dos níveis de Fragilidade Potencial.

Na terceira posição vem a fragilidade potencial média, com cerca de 19% da área. Nos locais de declividade até um nível médio, é possível que sejam desenvolvidas atividades antrópicas, desde que acompanhadas de um planejamento e manejo adequado de técnicas e ferramentas locais, assim como profissionais das áreas competentes.

Em últimos lugares têm-se as fragilidades potenciais baixas e muito baixas, com 12% e 5% do total da área dos dois municípios, respectivamente. Estas porções do território reúnem as melhores condições para atividades comerciais, produção agrícola, pecuária e instalação de moradias, desde que não sejam em áreas de várzea ou de cobertura vegetal. São áreas constituídas por solos mais profundos, maduros e pouco vulneráveis, assim como níveis baixos de declividade, reduzindo então os riscos de degradação e processos erosivos.

O mapa de fragilidade emergente (Figura 8) cruza as informações de fragilidade potencial

(naturais) com os graus de proteção da terra a partir das análises feitas sobre os usos e ocupações do solo. O peso desta síntese recai principalmente sobre as alterações antrópicas, tratando-se muitas vezes de atividades inadequadas e prejudiciais para áreas de elevada declividade e solos novos, rasos e de baixa fertilidade.

A análise deste mapa em conjunto com a Figura 9 (Gráfico de Distribuição percentual de Fragilidade Emergente) revela a preminência das fragilidades baixa e muito baixa.

A fragilidade baixa se configura principalmente devido as áreas de reflorestamento presentes em Telêmaco Borba, que oferecem grau de proteção alto em conjunto com declividades de até 30%, e presença dos latossolos. Ressalta-se que essa atividade, mesmo oferecendo grau de proteção alto, trata-se de grandes áreas de reflorestamento comercial, portanto monoculturas, e oferecem várias outras fragilidades aos sistemas naturais e consequentemente à sociedade.

Figura 8. Níveis de Fragilidade Emergente.

O nível de fragilidade muito baixo ocorre principalmente devido a existência de cobertura vegetal em estágio médio e avançado, oferecendo proteção muito alta aos solos, independentemente de quais sejam, e estando eles em declividades mais acentuadas ou não.

A terceira classe mais expressiva é de fragilidade muito alta. Distribui-se na maior parte

em Ortigueira, e na área urbanizada de Telêmaco Borba. Em Ortigueira a associação pastagens/campos com fragilidade potencial alta e muito alta revela quanto o uso inadequado de áreas já frágeis devido a acentuada declividade e solos limitados podem agravar e degradar a situação da área em questão.

Figura 9. Distribuição percentual dos níveis de Fragilidade Emergente.

A classe de alta fragilidade deve-se a ocorrência de atividades que não proporcionam boa proteção ao solo, como pastagens e campos, em conjunto com médias e altas declividades e solos variados (principalmente os mais novos e frágeis). Assim como as de fragilidade muito alta, estas áreas necessitam de maneira urgente modificar seus usos, predominantemente as pastagens e campos, por mais porções de cobertura vegetal que efetivamente protejam as vertentes mais íngremes e expostas, assim como os solos mais vulneráveis.

Por fim, o nível médio de fragilidade emergente representa a associação de atividades médias de proteção ao solo, como as agriculturas anuais, com declividades variadas e solos mais antigos e trabalhados, como os latossolos e argissolos.

Destaca-se uma nota em relação à algumas inconsistências visíveis no mapa de fragilidade emergente. São linhas que cruzam o mapa em diferentes sentidos, tratando-se de faixas de transmissão de energia elétrica, muito provavelmente oriundas da Usina.

Conclusões

A metodologia de fragilidade ambiental proposta por Ross (1994) apresenta-se como uma importante abordagem, adaptável à diferentes escalas e áreas, e sempre atual para a identificação e análise dos níveis de degradação, assim como possíveis fragilidades, limitações e potencialidades de um recorte territorial de estudo. Consideram-se variáveis naturais e antrópicas, que de maneira holística podem contribuir para um melhor entendimento do espaço geográfico e suas características.

Como proposta de melhoria no uso do solo e consequente diminuição nos índices de fragilidade emergente, destaca-se a importância de valorizar os níveis de proteção do solo que a cobertura vegetal em estágio médio e avançado (não sendo monoculturas) proporciona, praticando o reflorestamento efetivo que melhore as condições ambientais de relevos acentuados e solos extremamente diversificados.

As áreas dos dois municípios apresentam diversificações nos componentes naturais e de uso do solo, portanto sugere-se o aumento de densidade da cobertura vegetal, de forma adequada à extensão do município de Ortigueira, especialmente em sua região norte, e como proteção urgente aos seus altos níveis de declividade e diferentes tipos de solo.

Já Telêmaco Borba necessita de uma integração entre seus fragmentos vegetais, por meio de corredores verdes (e como alternativa ao reflorestamento de monoculturas) e maior proteção nas margens do reservatório por matas ciliares.

Essencial para o entendimento de diferentes realidades e consequente formulação de propostas que as transformem, as técnicas, *softwares* e suas ferramentas de geoprocessamento possibilitam a construção de um planejamento e gestão territoriais abrangentes e efetivas, que considere as particularidades locais e identifique as melhores alternativas ao desequilíbrio socioambiental que, infelizmente, parece se tornar regra na sociedade contemporânea.

Por fim, destaca-se a importância - além da metodologia e técnicas utilizadas - de uma efetiva ação por parte do poder público, responsável por concretizar as melhorias cabíveis, dentre as quais algumas sugeridas neste estudo.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio estrutural da Universidade Estadual de Londrina (UEL), e em particular ao Departamento de Geociências. Destacamos a importância do corpo docente adjunto ao curso de Geografia desta universidade, e em especial a orientação do Prof. Dr. Marciel Lohmann, indispensável para a realização deste estudo.

Referências

- Cabral, J.B.P., Da Rocha, I.R., Martins, A.P., Da Assunção, H.F., Becegato, V.A., 2011. Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Doce (GO), utilizando técnicas de geoprocessamento. *Revista Geofocus* 11, 51-69.
- CECS. Consórcio Energético Cruzeiro do Sul, 2011. Usina Hidrelétrica Mauá. Disponível: <http://www.consorcio Cruzeiro dosul.com.br/>. Acesso: 17 jan. 2018.
- Crepani, E., Medeiros, J.S.de, Hernandez Filho, P., Florenzano, T.G., Duarte, V., Barbosa, C.C.F., 2001. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. Disponível: <http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf>. Acesso: 18 jan. 2018.

- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Embrapa Solos, 2 ed. Rio de Janeiro.
- GP. Gazeta do Povo, 2015. Vida e Cidadania. Curitiba. 10 ago. 2015. Disponível: <http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/klabin-constroi-no-parana-uma-das-maiores-fabricas-de-celulose-do-mundo-00sbhqz37qecmkkvv3dq73ty>. Acesso: 20 jan. 2018.
- Guerra, A.J.T., Botelho, R.G.M., 1998. Erosão dos solos, in: Cunha, S.B., Guerra, A.J.T. (Orgs.). Geomorfologia do Brasil. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.
- IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná, 2017. Classificação Climática. Disponível: www.iapar.br. Acesso: 18 jan. 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018. Bases e referenciais. Disponível: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>. Acesso: 18 jan. 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Censo Demográfico. Disponível: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>. Acesso: 15 jan. 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016. Produção da Pecuária Municipal. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>. Acesso: 20 jan. 2018.
- ITCG. Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná, 2015. Cartas topográficas. Disponível: <http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=51>. Acesso: 12 dez. 2017.
- ITCG. Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná, 2008. Clima: Estado do Paraná. Disponível: www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_D_GEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Climas_A3.pdf. Acesso: 18 jan. 2018.
- Jacomine, P.K.T., 2009. A Nova Classificação Brasileira de Solos. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma 6, 161-179.
- Kawakubo, F.S., Morato, R.G., Campos, K.C., Luchiari, A., Ross, J.L.S., 2005. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2203-2210.
- Lepsch, I.F., 2010. Formação e conservação dos solos. 2 ed. Oficina de Textos, São Paulo.
- Maack, R., 1948. Notas preliminares sobre o clima, solos e vegetação do Estado do Paraná. Arq. Biol. Tecnol. 3, 99-200.
- Massa, E.M., Ross, J.L.S., 2012. Aplicação de um modelo de fragilidade ambiental relevo-solo na Serra da Cantareira, bacia do Córrego do Bispo, São Paulo-SP. Revista do Departamento de Geografia – USP 24, 57-79.
- Messias, C.G., Ferreira, M.F.M., Ribeiro, M.B.P., Menezes, M.D., 2012. Análise empírica de fragilidade ambiental utilizando técnicas de geoprocessamento: o caso da área de influência da hidrelétrica do Funil-MG. Revista Geonorte 2, 112-125.
- PMO. Prefeitura Municipal de Ortigueira, 2018. Disponível: <http://www.ortigueira.pr.gov.br/>. Acesso: 20 jan. 2018.
- PMTB. Prefeitura Municipal de Telêmaco Borba, 2018. Disponível: <http://www.telemacoborba.pr.gov.br/>. Acesso: 20 jan. 2018.
- RB. Repórter Brasil, 2011. Deserto verde: Os impactos do cultivo de eucalipto e pinus no Brasil. Apoio de Fundação Rosa Luxemburgo. Brasil. Disponível: https://reporterbrasil.org.br/wp-content/uploads/2015/02/8.-caderno_deserto_verde.pdf. Acesso: 20 jan. 2018.
- Ross, J.L.S., 1994. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Revista do Departamento de Geografia 8, 63-74.
- Santos, M., 2006. A natureza do espaço: Técnica e tempo, razão e emoção. 4 ed. EdUSP, São Paulo.
- Santos, M., 1988. Metamorfoses do espaço habitado: Fundamentos teóricos e metodológicos da Geografia. 1 ed. Hucitec, São Paulo.
- Spörl, C., Ross, J.L.S., 2004. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. Revista GeoUSP 15, 39-49.
- Tricart, J., 1977. Ecodinâmica. 1 ed. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- Westphalen, L.A., 2005. Aplicação de métodos para avaliação da fragilidade ambiental: uma análise comparativa. Monografia (Graduação). Curitiba, UFPR.
- Westphalen, L.A., Santos, L.J.C., 2004. Caracterização do meio físico da Bacia Hidrográfica do rio Itaquí/PR: subsídio para o

mapeamento da fragilidade potencial. V
Simpósio Nacional de Geomorfologia, I
Encontro Sul-Americano de Geomorfologia, 1-

14.

Disponível:
[http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/5/2/Laiane%20A
dy%20Westphalem.pdf](http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/5/2/Laiane%20A
dy%20Westphalem.pdf). Acesso: 20 dez. 2017.