



# **ANÁLISE DE FRAGILIDADE SOCIOAMBIENTAL PARA O DIAGNÓSTICO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS NO ESTUDO DE EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS**

Jonas Fernandes Maciel<sup>1</sup>

Samuel Torres de Oliveira<sup>2</sup>

Maira Dzedzej<sup>3</sup>

## **RESUMO**

Este trabalho apresenta uma metodologia para avaliação da fragilidade socioambiental de uma bacia hidrográfica onde há possibilidade de instalação de empreendimentos hidrelétricos. O método inclui a divisão da bacia em subáreas (por meio da análise de características similares) e, posteriormente, o emprego de 23 indicadores socioambientais agrupados em seis componentes-síntese (Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos; Meio Físico e Ecossistemas Terrestres; Organização Territorial; Modo de Vida da População; Base Econômica; e Povos Indígenas e Populações Tradicionais), que juntos buscam retratar todos os aspectos intervenientes na fragilidade da área. A técnica foi aplicada na bacia do rio Coxim, no Estado de Mato Grosso do Sul, supondo-se que haja possibilidade ou interesse de instalação de plantas hidrelétricas dentro de seus limites. A bacia foi dividida em três subáreas, considerando-se alguns parâmetros físicos (como relevo, precipitação e hidrografia), que foram ordenadas por meio do cálculo do grau de fragilidade de cada um dos indicadores socioambientais. Como resultado, foi criado um mapa de fragilidade para indicar quais são as subáreas mais suscetíveis a danos e quais deverão suportar com maior facilidade a instalação de atividades causadoras de impactos – como empreendimentos hidrelétricos. O uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

1 Engenheiro ambiental, iX-Energy no Brasil, Rua Visconde de Pirajá, 608, 1º andar, Ipanema, Rio de Janeiro-RJ, CEP: 222410-002, tel.: (21) 25406885, jonas.maciell@ix-energy.com

2 Engenheiro ambiental, iX Consultoria & Representações Ltda, Rua Cel. Joaquim Francisco, 341, Sala 2, Itajubá-MG, CEP:37.501-052, tel.: (35) 3662-1902, samuel.torres@ixconsult.com.br

3 Engenheira Florestal e Mestre em Ciências Florestais, iX Consultoria e Representações Ltda., Rua Cel. Joaquim Francisco, 341, Sala 2, Itajubá - MG, CEP: 37501-052, tel.:(35)36621902, maira@ixconsult.com.br



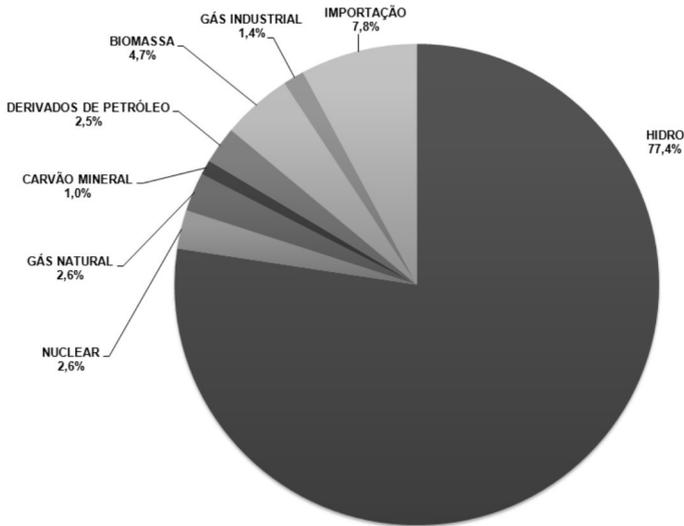
e o trabalho de equipe multidisciplinar reduzem o grau de subjetividade da metodologia e permitem (mediante modificação de algumas considerações inerentes aos cálculos parciais) sua aplicação em outras situações em que não se considere a possibilidade de instalação de hidrelétricas.

## ABSTRACT

This paper presents a methodology for assessing the social-environmental fragility of a watershed where there is potential for installation of hydropower projects. The method includes dividing the watershed into subareas (by analysis of similar characteristics) and, subsequently, the use of 23 indicators grouped into six social-environmental components (Water Resources and Aquatic Ecosystems, Terrestrial Ecosystems and the Physical Environment, Territorial Organization, Way of Life, Economic Base and Indigenous Communities and Traditional Populations), which together seek to portray all aspects involved in the fragility of the area. The technique was applied in the basin of the Coxim river in the State of Mato Grosso do Sul, assuming that there is interest or the possibility of installing hydropower plants within its boundaries. The basin was divided into three subareas, considering physical parameters (such as topography, rainfall and hydrology), which were ranked by calculating the fragility of each one of the social-environmental indicators. As a result, a map was created to indicate the subareas more susceptible to damage and those which should be more resistant to the installation of impacting activities, such as hydropower plants. The use of Geographic Information Systems (GIS) and the work of a multidisciplinary team can reduce the degree of subjectivity of the methodology and allow, (by modifying some considerations inherent in the partial calculations,) its application in other situations where the possibility of installing hydropower projects is not considered.

## 1. INTRODUÇÃO

Pode-se dizer que a matriz energética brasileira é variada, envolvendo fontes como petróleo, biomassa e carvão, além de energia hidráulica e nuclear. A Figura 1 apresenta a oferta interna de energia elétrica no Brasil em termos percentuais, segundo a Resenha Energética Brasileira (Preliminar) – Exercício de 2009, do Ministério de Minas e Energia (MME, 2010).



Fonte: MME (2010).

Figura 1 – Oferta interna de energia elétrica no Brasil em 2009.

Percebe-se a importância, para a oferta e a segurança energética do país, da geração hidrelétrica, que por muito tempo foi considerada uma fonte de energia “limpa”, apesar dos impactos sociais e ambientais inerentes à formação do reservatório e à construção de suas estruturas.

Segundo Silva, Ricardo e Bernardes (2009), a instalação e a operação de Pequenas Centrais Hidrelétricas têm sido vistas como alternativas de prevenção de impactos ambientais significativos. Segundo Bermann (2007), como são empreendimentos que, em geral, procuram atender a demandas próximas aos centros de carga, em áreas periféricas ao sistema de transmissão, as PCH têm papel cada vez mais relevante na promoção do desenvolvimento da geração distribuída no país.

Porém, independentemente do porte da planta de geração, não se pode assumir total ausência de impactos socioambientais. Seus efeitos, além de dependerem, obviamente, do porte do empreendimento, estão associados ao grau de fragilidade da bacia hidrográfica na qual ela se insere.

O Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas, editado pela Eletrobrás, define a fragilidade de uma área como o nível de susceptibilidade a um efeito adverso causado por determinada ação (VEROCAI,



1990, apud CEPEL, 2007), e, especificamente no que se refere a empreendimentos hidrelétricos, indica a classificação de regiões como menos ou mais sujeitas a impactos relacionados à implantação desse tipo de atividade.

Para tanto, a bacia hidrográfica deve ser dividida em subáreas, compartimentadas com base no diagnóstico socioambiental realizado pelo levantamento de informações secundárias, com o auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e planilhas, sendo tais subáreas definidas, segundo o CEPEL (2007), como recortes territoriais contínuos que apresentam relações e processos particulares que as distinguem das demais.

Dessa forma, presume-se que a avaliação de fragilidade resulte em índices ambientais variáveis para cada uma das subáreas. Esse índice, por sua vez, é um valor numérico que expressa a intensidade do impacto socioambiental, variando sempre entre zero (mínimo impacto) até um, que reflete o máximo impacto (CEPEL, 2007).

Para que sejam avaliados todos os setores, o índice ambiental é determinado para 23 indicadores socioambientais, que representam, fundamentalmente, seis componentes-síntese, os quais englobam todas as questões socioambientais sujeitas às interferências adversas da instalação de empreendimentos hidrelétricos. Os componentes são: Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos; Meio Físico e Ecossistemas Terrestres; Organização Territorial; Modo de Vida da População; Base Econômica; e Povos Indígenas e Populações Tradicionais.

Dessa forma, depois de avaliado cada indicador socioambiental, torna-se possível a obtenção de um valor único que irá refletir o grau de fragilidade global de cada uma das subáreas identificadas, resultando no ordenamento dessas regiões inseridas na bacia hidrográfica estudada.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Divisão da bacia hidrográfica em subáreas**

A primeira etapa a ser cumprida para a determinação da fragilidade socioambiental em bacias hidrográficas é proceder com a sua divisão em subáreas, segundo características similares e particularidades. Assim, pelo emprego de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), a base cartográfica disponível é utilizada para a obtenção das seguintes informações da



bacia:

- Hidrografia: nesse parâmetro se considera a divisão da bacia em sub-bacias e, dentro dessas, se avalia a hierarquia fluvial pela classificação dos corpos d'água em ordem crescente, da nascente para o exutório. Tal enquadramento é possível pela geração da rede de drenagem a partir de imagens SRTM *Worldwide Elevation Data* ou ASTER GDEM.
- Clima: com base em dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com mapeamento de isoietas e faixas de temperatura para todo o território nacional.
- Relevo: identificação das formações encontradas nas subáreas, pelo uso de shapefiles do Serviço Geológico do Brasil (CPRM).
- Vegetação: uso de shapefiles obtidos no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).
- Solos: identificação das tipologias encontradas nas subáreas, pelo uso de shapefiles do CPRM.
- Uso e ocupação do solo: empregado somente quando há dificuldade na divisão da bacia em subáreas e obtido por classificação supervisionada de imagens de satélite, sendo mais utilizadas as Landsat 5, CBERS 2 e ResourceSat-1, disponíveis na página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Com tais informações organizadas em um SIG, é realizada uma análise visual, parâmetro a parâmetro, de forma a embasar a divisão da bacia em subáreas pela identificação de regiões homólogas. Pelo uso de ferramentas computacionais de geoprocessamento, é realizada a demarcação manual das subáreas, respeitando-se as vertentes da rede de drenagem (sub-bacias).

Segundo Hanigan (1988), apud Silva (2003), um Sistema de Informações Geográficas (SIG) é qualquer sistema de gerenciamento de informações capaz de: coletar, armazenar e recuperar informações baseadas nas suas localizações espaciais; identificar locais dentro do ambiente que tenham sido selecionados a partir de determinados critérios; explorar relações entre os dados espaciais para subsidiar os critérios de formulação de decisões; facilitar a exportação de modelos analíticos capazes de avaliar al-



ternativas de impactos no meio ambiente e exibir e selecionar áreas, tanto graficamente como numericamente, antes e ou depois das análises.

Os SIGs possibilitam o processamento de dados de diversas fontes, originalmente em formato digital ou não, e têm as mais diversas aplicações (Assad & Sano, 1998; Silva, 2003). Estudos que visam ao planejamento e à gestão ambiental, geralmente concretizados por zoneamentos geoambientais ou ecológico-econômicos, são desenvolvidos a partir de aspectos temáticos, como topografia, hidrografia, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso e ocupação da terra (Fortes et al., 2003).

As avaliações de fragilidade feitas com o suporte em SIG diminuem consideravelmente o nível de subjetividade do processo de decisão do empreendedor. O sistema facilita muito o trabalho dos analistas ambientais porque viabiliza uma visão integrada dos planos de informação (temas) selecionados, possibilita a visualização do cenário regional atual e ainda permite caracterizar um cenário prospectivo de implantação do empreendimento (XAVIER & LOBO, 2010).

## **2.2. Componentes-síntese e indicadores socioambientais**

Conforme mencionado anteriormente, a avaliação do grau de fragilidade das subáreas demarcadas é feita com base em seis componentes-síntese, que retratam todos os aspectos socioambientais da região estudada por meio de seus indicadores. A definição desses, bem como sua importância no cálculo da fragilidade de bacias, é apresentada na sequência. A forma de se efetuarem os cálculos, por sua vez, está diretamente ligada ao propósito desse método, que consiste em avaliar o estado de arte de uma bacia hidrográfica e determinar sua suscetibilidade a degradação, porém com enfoque nos possíveis impactos originados da instalação de empreendimentos hidrelétricos.

Essa última consideração é importante para nortear a avaliação, uma vez que, por demandar a ocupação de áreas ecológica e economicamente importantes (margens de corpos d'água) e, comumente, exigir a supressão de vegetação, é conveniente considerar como áreas mais frágeis à instalação de hidrelétricas aquelas que se encontram mais bem preservadas, com estágios sucessionais mais avançados e interações ecológicas mais complexas.



### 2.3.1. Recursos hídricos e ecossistemas aquáticos

Nesse componente é analisada a fragilidade de cada subárea a possíveis interferências adversas sobre o ecossistema aquático, considerando os diversos fatores bióticos e abióticos relacionados ao sistema de drenagem e assim buscando identificar o grau de comprometimento dos ambientes mantenedores da diversidade biológica.

- *Hierarquia fluvial*: ao contrário do Manual de Inventários da Eletrobrás, que considera esse indicador um elemento para a compreensão da ecologia da fauna aquática (CEPEL, 2007), nesse indicador o grau de fragilidade está relacionado à capacidade de autodepuração dos rios nas diferentes ordens. Assim, é avaliada a densidade de drenagem de cada subárea pela média ponderada das diferentes ordens, que, quanto menores, são consideradas mais frágeis, em virtude da menor vazão e, por conseqüência, menor capacidade de autodepuração.
- *Ictiofauna*: nesse componente é avaliada a qualidade das margens dos mananciais (no que se refere à presença de vegetação ciliar e seu grau de desenvolvimento); a presença de áreas urbanas ou aglomerados humanos, o potencial pesqueiro e a cultura/tradição da prática de pesca e, finalmente, a presença de espécies endêmicas, reofílicas e as ameaçadas de extinção, pelo levantamento de informações em trabalhos já realizados na bacia em estudo.
- *Conflitos de uso da água*: é identificado e quantificado o número de registros de outorgas na bacia hidrográfica, sendo que, quanto maior a densidade de registros na subárea, maior a fragilidade – uma vez que as chances de ocorrência de conflitos de uso tornam-se mais elevadas.
- *Qualidade da água*: são quantificados os trechos de corpos d'água monitorados quanto à qualidade de água (cuja metodologia de cálculo varia entre as unidades da federação), sendo que, quanto maior a densidade de rios de má qualidade, mais frágil deve ser a subárea.



- *Vegetação marginal*: avaliada por meio do mapeamento do uso e ocupação dos solos em faixa marginais, sendo o mapa feito com base em imagens Landsat 5, CBERS 2 ou ResourceSat-1. A maior fragilidade reside nas tipologias vegetais com maior importância para a manutenção biótica do local, uma vez que deverá haver supressão dessa vegetação.

### 2.3.2. Meio físico e ecossistema terrestre

Para a determinação do grau de fragilidade desse componente, foram analisados os diversos aspectos bióticos e abióticos relevantes para a manutenção da biodiversidade nesses ambientes, considerando sua suscetibilidade a impactos, sobretudo os decorrentes da instalação de empreendimentos hidrelétricos em bacias hidrográficas.

- *Sensibilidade geológica e geotécnica*: foram observadas, em base cartográfica do CPRM, as informações referentes a geologia, estrutura e declividade.
- *Sensibilidade à erosão dos solos*: utilizando-se, também, a base cartográfica do CPRM, analisam-se as informações referentes à geologia, hipsometria, declividade e estrutura.
- *Relevância da vegetação*: por meio de imagens de satélite, sobretudo com o auxílio do programa computacional *Google Earth*<sup>TM</sup>, são avaliados os tamanhos dos fragmentos de vegetação e sua conectividade (que aponta a existência de corredores vegetacionais que favorecem a locomoção da fauna, além de funcionarem como fonte de alimento, abrigo e local de reprodução garantindo principalmente a manutenção e troca de fluxo gênico). A maior fragilidade, nesse método, é observada em fragmentos mais preservados e conectados haja vista as potenciais perdas que poderão advir da supressão que se fizer necessária, o que deverá causar impactos tanto maiores quanto mais avançados forem os estágios sucessionais, com presença de espécies clímax e de estabelecimento mais lento.
- *Relevância da fauna*: são analisados os demais componentes da fauna (herpetofauna, avifauna e mastofauna, sendo essa última avaliada em dois subgrupos – o dos pequenos e médios e o dos grandes mamíferos). Para tanto, é observada a capacidade de suporte da vegetação de cada subárea devido à sua importância na



formação de habitat e na conectividade entre áreas fisicamente afastadas e à facilitação de trocas gênicas. Aspectos culturais da região em estudo são também fundamentais para a verificação de hábitos que possam causar prejuízo à fauna (prática de caça, por exemplo). Finalmente, o levantamento das espécies registradas em outros estudos já conduzidos na bacia avaliada aponta a ocorrência de espécies ameaçadas e endemismos, que implicam em mais alta fragilidade da subárea.

- *Uso e ocupação do solo*: o mesmo mapeamento de uso do solo utilizado na avaliação da vegetação marginal é utilizado para quantificação das tipologias em cada subárea, sendo a maior fragilidade associada a coberturas de maior importância ao meio biótico (vegetação nativa, por exemplo), considerando a possibilidade de supressão para instalação de empreendimentos hidrelétricos.
- *Biomassa*: avaliada pelo mesmo mapa de uso e ocupação do solo, a fragilidade é maior quanto maior a biomassa das diferentes tipologias, considerando que eventuais supressões deverão retirar maior quantidade de material vegetal nesses locais.

### 2.3.3 Organização territorial

Nesse componente são avaliados os graus de fragilidade das subáreas com relação aos patrimônios inseridos na bacia hidrográfica, o que inclui os recursos minerais, arqueológicos e as áreas que devem ter regime especial de uso em função de sua importância ecológica.

- *Direitos minerários*: nesse indicador são levantados todos os direitos minerários registrados no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). A maior fragilidade é encontrada nas subáreas com maior densidade de registros, considerando a área da bacia ocupada por eles e a fase dos direitos, sendo as mais avançadas tidas como mais frágeis (registro de extração, por exemplo), já que a instalação de empreendimento hidrelétrico em área com importante direito minerário pode impossibilitar a exploração.
- *Unidades de Conservação (UCs) e Áreas Prioritárias para Conservação (APCs)*: com base em informações disponíveis no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio)



e Ministério do Meio Ambiente (MMA), são quantificadas essas áreas inseridas na bacia, sendo a fragilidade dependente de sua densidade na subárea e de sua classificação em ordem crescente de fragilidade, a saber: UCs de Proteção Integral, UCs de Uso Sustentável, APCs de Prioridade Alta, APCs de Prioridade Muito Alta e APCs de Prioridade Extremamente Alta. As UCs são consideradas menos frágeis que APCs por, geralmente, apresentarem limites mais bem demarcados e regime especial de uso mais bem definido, apesar da baixa ocorrência de Unidades com Plano de Manejo adequadamente estruturado.

- *Patrimônio Arqueológico*: por meio de consultas ao sistema PALEO – Ocorrências Fossilíferas do CPRM e ao Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos (CNSA) do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), são levantados todos os sítios registrados nos municípios inseridos na bacia em estudo, sendo a maior fragilidade decorrente da maior densidade de registros. A falta de coordenadas geográficas na descrição da maioria dos sítios obriga o método a realizar inferência quanto ao número de sítios na bacia pela relação entre a área do município e seu percentual inserido nas subáreas avaliadas.

#### 2.3.4. *Modo de vida da população*

Reflete as maneiras pelas quais os homens ocupam o território, usufruem dos recursos naturais disponíveis e relacionam-se entre si nesse processo.

- *Padrão de Consumo*: avaliado pela média ponderada por área do Produto Interno Bruto per capita (PIB/capta) dos municípios inseridos em cada subárea. A maior fragilidade encontra-se nos menores valores – menor poder aquisitivo.
- *Qualidade de vida*: fragilidade determinada da mesma forma que a do padrão de consumo, porém com avaliação do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos municípios inseridos na bacia. Os dados são retirados da página da Confederação Nacional dos Municípios (CNM), que utiliza como fonte o Atlas do Desenvolvimento Humano do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) referente ao ano 2000.



- *Sistema de produção*: utilizando-se, novamente, o mapa de uso e ocupação gerado a partir de imagens de satélite, esse indicador considera a perda de áreas produtivas pela potencial instalação de empreendimentos hidrelétricos nas subáreas avaliadas. São consideradas mais frágeis as ocupações por tipologias economicamente mais rentáveis – como plantios silviculturais puros/reflorestamentos (geralmente pinus e eucalipto), por exemplo.

### 2.3.5. Base econômica

Nesse componente é avaliada a fragilidade referente aos aspectos econômicos, envolvendo os rendimentos da população e municípios da bacia, bem como a importância das atividades nela praticadas.

- *Atividades econômicas*: são levantados na página do IBGE os percentuais de participação dos setores primário, secundário e terciário na economia de cada município inserido nas subáreas. A fragilidade é maior quando a ocupação da bacia é composta de municípios mais dependentes do setor agropecuário, seguido pelos setores industrial e de serviços.
- *Potencial turístico*: nesse indicador são levantados, em sites dos municípios e outras páginas especializadas em turismo, os diversos atrativos e potenciais inseridos na bacia (arquitetura, belezas naturais, entre outros), bem como a presença de infraestrutura para recebimento de visitantes.
- *Renda da população*: determinada pela média entre os graus de fragilidade das subáreas quanto ao padrão de consumo e à qualidade de vida, uma vez que um dos componentes desse último parâmetro é justamente a renda da população, mas considerando seu poder de compra.
- *Arrecadação municipal*: considera as receitas orçamentárias realizadas (correntes) de cada município inserido na bacia hidrográfica estudada. Tais informações são disponibilizadas no item Finanças Públicas da página do portal IBGE Cidades, sendo a maior fragilidade associada às menores arrecadações.



### 2.3.6. Povos indígenas e populações tradicionais

São avaliados tipos específicos de populações humanas que podem constituir fatores restritivos ou mesmo impeditivos à instalação e operação de determinadas atividades, inclusive empreendimentos hidrelétricos.

- *Terras indígenas*: por meio da análise da base cartográfica da Fundação Nacional do Índio (FUNAI), são quantificadas as áreas de comunidades indígenas inseridas na bacia hidrográfica avaliada, sendo a fragilidade diretamente proporcional à densidade de terras indígenas, uma vez que, quanto maior a ocupação das subáreas por esses territórios, maiores as chances de restrições à instalação de empreendimentos hidrelétricos, já que essas áreas são consideradas impeditivas.
- *Comunidades quilombolas*: nesse componente é levantado o número de comunidades quilombolas existentes dos municípios inseridos na bacia estudada. Da mesma forma que para patrimônios arqueológicos, é feita a proporção pela área do município inserido em cada subárea – devido à ausência de informação da localização geográfica dessas comunidades. Os dados são obtidos na página da Comissão Pró-Índio de São Paulo (CPISP), que apresenta informações das comunidades cadastradas em todo o território nacional, e outros *sites* que possam conter informações específicas de cada região avaliada. Quanto maior o número de comunidades, maior a fragilidade.
- *Outras comunidades*: pela consulta de páginas da *internet*, é observada e quantificada a presença de outras comunidades tradicionais, como as de caçaras, pescadores e ribeirinhos. Assim como para comunidades quilombolas, quanto maior o número desses aglomerados, maior a fragilidade.

Para a valoração de cada indicador socioambiental, são utilizados alguns pesos que refletem numericamente as considerações feitas na metodologia (critérios de definição de maior ou menor grau de fragilidade). Além disso, todos eles são equalizados com relação ao percentual da bacia ocupado por cada subárea a fim de que se considere a maior ou menor influência de cada uma delas na bacia hidrográfica como um todo.



Por serem envolvidos diferentes parâmetros, com diferentes unidades e ordens de grandeza, para que sejam obtidos valores de fragilidade que variem entre zero (0) e um (1) conforme recomenda o Manual de Inventário da Eletrobrás (CEPEL, 2007), para cada indicador socioambiental é identificado o maior valor de fragilidade dentre os valores das subáreas consideradas. Ele é então utilizado como padrão igual a um (1), e os valores das demais subáreas são determinados de forma percentual em relação a este, estando, dessa forma, todos os graus de fragilidade limitados a um mesmo intervalo.

Finalmente, de forma a determinar a fragilidade global de cada uma das subáreas, são atribuídos pesos aos indicadores de acordo com seu grau de influência na fragilidade da bacia hidrográfica. A partir disso, é calculada a fragilidade média de cada subárea utilizando-se todos os indicadores socioambientais ponderados pelos referidos pesos. O resultado é o ordenamento das subáreas segundo o grau de fragilidade socioambiental, que pode ser representado por cores em base cartográfica (mapa de fragilidade).

### 3. RESULTADOS

De forma a ilustrar a aplicação do método, apresenta-se um estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Coxim, no estado do Mato Grosso do Sul. Pertencente à UPG Taquari (II.2), na Região Hidrográfica do rio Paraguai. Essa bacia possui área de aproximadamente 15.800 km<sup>2</sup> e abrange os municípios de Alcinópolis, Bandeirantes, Camapuã, Costa Rica, Coxim, Figueirão, Rio Verde de Mato Grosso e São Gabriel do Oeste.

A bacia foi dividida em três subáreas em função das seguintes características:

#### **Subárea um (AF1)**

- Predomínio de Latossolos e Solos Arenoquartzosos Profundos e ocorrência também de Solos Podzólicos e Solos Litólicos;
- Ocorrência de rios variando de 1ª a 4ª ordem;
- Predomínio de cerrado;
- Precipitação mínima de 1.250 mm e máxima de 1.500 mm em grande parte da área;



- Precipitação mínima de 1.500 mm e máxima de 1.750 mm em locais com altitudes superiores a 800 m;
- Temperatura média anual de 23°C em grande parte da área, e 21°C em locais com altitudes superiores a 800 m.

### **Subárea dois (AF2)**

- Predomínio de Latossolos e Solos Podzólicos e ocorrência também de Solos Litólicos e Solos Arenoquartzosos Profundos;
- Ocorrência de rios de 1ª a 5ª ordem;
- Presença de cerrado e áreas de tensão ecológica;
- Precipitação mínima de 1.250 mm e máxima de 1.500 mm;
- Temperatura média anual de 23°C.

### **Subárea três (AF3)**

- Predomínio de Latossolos e Solos Podzólicos;
- Maior densidade de rios de ordem inferior;
- Predomínio de cerrado;
- Precipitação mínima de 1.250 mm e máxima de 1.500 mm;
- Temperatura média anual de 23°C.

A partir da determinação dos graus de fragilidade de cada subárea, foi determinado um máximo grau de fragilidade por indicador socioambiental, conforme mencionado na metodologia desse trabalho. Assim, a partir dos pesos determinados por uma equipe multidisciplinar segundo o grau de importância de cada um desses parâmetros na fragilidade da bacia, foram determinadas as avaliações percentuais por indicador e, finalmente, o valor global de fragilidade para cada uma das subáreas, conforme apresenta a Tabela 1.



Tabela 1 – Resultados do cálculo de fragilidade socioambiental das três subáreas da bacia hidrográfica do rio Coxim – MS.

Indicadores Socioambientais	Máximo Grau de Fragilidade	Peso do Indicador	Nota Percentual		
			SAF1	SAF2	SAF3
Hierarquia fluvial	0.05485	15	0.63493	1.00000	0.03812
Ictiofauna	0.80000	25	1.00000	1.00000	1.00000
Conflitos de usos da água	0.50000	25	0.50000	0.50000	0.50000
Qualidade da água	0.27313	10	0.73004	1.00000	0.14690
Vegetação marginal	0.05563	25	0.95453	1.00000	0.30512
Sensibilidade geológico-geotécnica	0.46667	20	1.00000	0.85714	0.78571
Sensibilidade a erosão dos solos	0.52500	25	1.00000	0.80952	0.76190
Relevância da vegetação	0.80000	25	0.75000	1.00000	0.75000
Relevância da fauna	0.62857	25	0.77020	1.00000	0.77020
Uso e ocupação do solo	0.09722	15	0.76992	1.00000	0.18388
Biomassa	0.07879	10	0.70944	1.00000	0.16665
Direitos minerários	0.01407	20	0.38200	1.00000	0.13949
Unidades de Conservação e Áreas Prioritárias para Conservação	0.07823	20	0.73765	1.00000	0.03219
Patrimônio arqueológico	0.40081	20	1.00000	0.20635	0.37531
Padrão de consumo	0.24738	9	1.00000	0.70932	0.85708
Qualidade de vida	0.29668	9	0.67497	0.56569	1.00000
Sistema de produção	0.09903	12	0.79986	1.00000	0.19400
Atividades econômicas	0.29043	15	0.74143	0.54681	1.00000
Potencial turístico	0.70000	10	1.00000	0.85714	0.85714
Renda da população	0.25435	10	0.87994	0.67485	1.00000
Arrecadação municipal	0.29891	5	0.49446	0.70222	1.00000
Terras indígenas	0.50000	25	0.50000	0.50000	0.50000
Comunidades quilombolas	0.50000	15	0.50000	0.50000	0.50000
Graus de fragilidade socioambiental das subáreas			0,76742	0,80645	0,54593

Assim, por meio da metodologia de cálculo anteriormente descrita, as referidas subáreas foram classificadas segundo seu grau de fragilidade. Pelo método utilizado, não é interessante afirmar que determinada subárea possui alta ou baixa fragilidade, mas apenas ordená-las em um ranking que aponta que, dentro dos limites da bacia do rio Coxim, a subárea três (AF3), com nota 0,546, é a menos frágil, seguida (em ordem crescente de fragilidade) pela subárea um (AF1), com nota 0,767, e pela subárea dois (AF2), cuja nota é 0,806, conforme ilustra a Figura 2. Ambientalmente, pode-se dizer

que a eventual instalação de empreendimentos hidrelétricos seria mais interessante na AF3, que segundo o método é menos suscetível a impactos adversos.

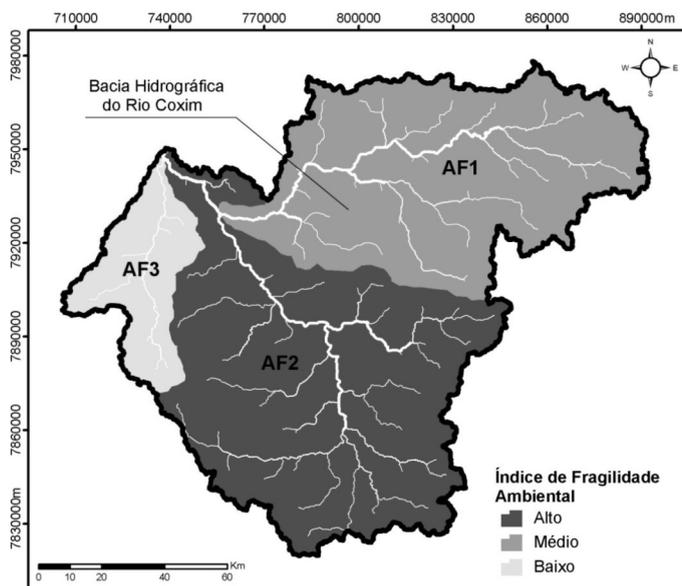


Figura 2 – Representação cartográfica do ordenamento das subáreas da bacia hidrográfica do rio Coxim segundo os graus de fragilidade socioambiental.

#### 4. CONCLUSÕES

No estudo de caso apresentado, todos os cálculos foram realizados considerando a eventual instalação de empreendimentos hidrelétricos na bacia do rio Coxim, o que explica, por exemplo, o fato de se considerar, em termos de uso e ocupação do solo, uma área coberta por vegetação nativa mais frágil que uma área onde o solo encontra-se exposto. Isso porque esse indicador considera mais frágeis os usos e coberturas mais importantes para a manutenção do equilíbrio biótico da bacia, já que, caso a supressão de vegetação se faça necessária para a instalação de hidrelétricas, os efeitos adversos sobre a biota da região deverão ser mais significativos nessas áreas.

Porém, pelos resultados apresentados, pode-se perceber a aplicabilidade do método da fragilidade socioambiental como ferramenta auxiliar na Avaliação Ambiental Integrada (All) em diversas outras situações,



uma vez que ele auxilia no diagnóstico da bacia hidrográfica em estado de arte (condição atual) e respalda a predição da suscetibilidade das áreas a impactos ambientais diversos.

É importante destacar a redução da subjetividade alcançada pelo emprego de SIG, que permite o uso de bases cartográficas para análise espacial dos parâmetros avaliados em cada um dos indicadores. Nas situações em que a eliminação dessa subjetividade não é possível, o método mantém sua confiabilidade por apoiar-se no trabalho de equipe multidisciplinar que busca atingir o consenso a partir das opiniões de profissionais das diversas áreas envolvidas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assad, Eduardo Delgado et Edson Eyji Sano. Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura. Brasília: Embrapa, 1998. 434 p.

Bermann, Célio. "Impasses e controvérsias da hidroeletricidade" in Estudos Avançados, v. 21, p. 139-153, 2007.

CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas. Edição 2007;

Fortes, Paulo de Tarso Ferro de Oliveira, Luciano Costa Gonçalves, Fausto de Almeida Lazarin et Rogério da Silva Nascimento. "Aplicação e Integração de Geotecnologias no Apoio ao Geoecoturismo e Educação Ambiental no Município de Cavalcante, Chapada dos Veadeiros (Go)" in Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05-10 abr. 2003, INPE, p. 567-574.

MME – Ministério de Minas e Energia. Resenha Energética Brasileira – Exercício de 2009 (Preliminar). Brasília, 2010.

Silva, Ardemirio de Barros. Sistemas de Informações Georeferenciadas: Conceitos e Fundamentos. Campinas: Ed. da Unicamp, 2003. 236 p.

Silva, Luiz Felipe, Mateus Ricardo e Marcos Eduardo Cordeiro Bernardes. "Análise dos níveis sonoros gerados na operação de PCH: aspectos ambientais e ocupacionais" in PCH Notícias & SHP News, v. 11, p. 38-43, 2009.

Xavier, Ana Carolina Pinto et Rafael Feitosa Siqueira Lobo. "SIG: Análise de aplicabilidade em avaliações ambientais integradas" in XVI Encontro Nacional de Geógrafos – ENG 2010. Porto Alegre, 2010.