ESPAÇO EM REVISTA
ISSN: 1519-7816

PLANO DE CONSERVAÇÃO E USO DO ENTORNO DO RESERVATÓRIO ARTIFICIAL (PACUERA) DA BARRAGEM PEDREIRA (SP): incongruência entre teoria, método e aplicação à paisagem

Filipe Guido Silva
Universidade Estadual de Campinas
E-mail: filipe.guidos@gmail.com

Resumo
O século XX proporcionou grandes avanços nas teorias e práticas voltadas a conservação ambiental. A compreensão da paisagem ganhou contornos singulares, quando esta passou a ser compreendida de forma dinâmica e sistêmica. Na prática, estes desenvolvimentos teóricos possibilitaram alicerçar métodos aplicados em instrumentos normativos (leis, resoluções e etc.). Entretanto, a aplicação destes instrumentos ainda não são plenamente eficientes, como é o caso da CONAMA nº 302/2002, que dispõe sobre um Plano Ambiental de Uso e Conservação do Entorno de Reservatórios Artificiais (PACUERA), que por sua vez não encontra, por si só, clareza nos procedimentos, o que implica muitas vezes em um documento sem empatia dos diferentes atores relacionados aos segmentos dos setores privados, públicos e da sociedade civil organizada, impactados positiva e negativamente por barragens para produção de energia elétrica ou consumo humano. Neste artigo será abordado o caso da Barragem Pedreira (rio Jaguari, entre Campinas e Pedreira, Estado de São Paulo). Será apresentado o método de desenvolvimento deste Plano, enfatizando sua intrínseca relação com os conceitos de paisagem e geossistema, e por fim indicar os desdobramentos a partir de sua apresentação, junto a CETESB.
Palavras-chave: Paisagem; Geossistema; PACUERA; CONAMA Nº 302; Barragem Pedreira.

PLAN DE CONSERVACIÓN Y USO DEL ENTORNO DE EMBALSE ARTIFICIAL DE LA PRESA DE PEDREIRA (SP): incoherencia entre teoría, método y aplicación al paisaje

Resumen
El siglo XX proporcionó grandes avances en teorías y prácticas orientadas a la conservación del medio ambiente. La comprensión del paisaje adquirió contornos únicos, cuando llegó a entenderse de forma dinámica y sistémica. En la práctica, estos desarrollos teóricos permitieron basar los métodos aplicados en instrumentos normativos (leyes, resoluciones, etc.). Sin embargo, la aplicación de estos instrumentos aún no es del todo eficiente, como es el caso de CONAMA nº 302/2002, que prevé un Plan Ambiental para el Uso y Conservación del Entorno de Embalses Artificiales (PACUERA, acrónimo en portugués), que a su vez no existe, por sí misma, claridad en los procedimientos, lo que muchas veces implica un documento sin empatía por parte del gobierno, la sociedad civil y otras entidades impactadas positiva y negativamente por las represas para la producción de electricidad o el consumo humano. Este artículo analiza el caso de la presa de Pedreira (río Jaguari, entre Campinas y Pedreira, Estado de São Paulo). Se presentará el método de desarrollo de este Plan, enfatizando su relación intrínseca con los conceptos de paisaje y geosistema, y finalmente, indicar los desarrollos de su presentación, a la agencia ambiental del estado de São Paulo, Brasil.
Palabras clave – Paisaje; Geosistema; PACUERA; CONAMA Nº 302; Presa Pedreira.

Introdução

A segunda metade do século XX se mostrou momento bastante próspero para as discussões acerca das preocupações ambientais. O Clube de Roma e seu Relatório *Meadows*, entre outros eventos marcantes fertilizaram o terreno para a culminação da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, ou Eco-92, ou Rio-92. Talvez se não fossem as vastas discussões e proposições para mudanças nas atitudes globais e objetivos sobre conservação do meio ambiente, não se teria atingido o grau de percepção sobre a relevância da gestão de bacias hidrográficas, como forma de gestão político-administrativa.

Neste cenário foi que se pavimentou a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, instaurada pela Lei nº 9.433/ 1997, que criou adjunto o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGRH), o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, e formaliza a atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Ainda nesta seara, no início do século XXI, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), instituiu a Resolução nº 302, de 20 de março de 2002, que dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente (APP) de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.

A CONAMA nº 302/2002, enquanto instrumento normativo chama atenção para abordagem multidisciplinar que adota em respeito as diversidades genéticas de fauna, flora, ambientes abióticos e socioeconômicos, e indica em seus artigos as seguintes constituições e definições:

> [...] **Art. 1º.** Constitui objeto da presente Resolução o estabelecimento de parâmetros, definições e limites para as Áreas de Preservação Permanente de reservatório artificial e a instituição da elaboração obrigatória de plano ambiental de conservação e uso do seu entorno.
>
> **Art. 2º.** Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:
>
> [...] III - Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial: conjunto de diretrizes e proposições com o objetivo de disciplinar a conservação, recuperação, o uso e ocupação do entorno do reservatório artificial, respeitados os parâmetros estabelecidos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis [...].

Em meio a tamanha prosperidade nas discussões socioambientais, associada a um território de dimensões continentais, e consequentemente diversidade infindáveis de modelos hidrológicos, esta Resolução nº 302/2002 poderia ter obtido maior aplicabilidade, e mesmo

visibilidade. Isso porque, em contradição a estes novos instrumentos legais e normativos, as primeiras décadas dos anos 2000 guardaram para o Brasil desastres ambientais relacionados a rompimento de barragens, de proporções devastadoras tanto para comunidades a jusante, quanto para ambientes terrestres, hídricos e até mesmo marinhos. Estas situações comprovaram certo descaso para o tema, evidenciaram passivos ambientais possivelmente mitigáveis com um sistema de gestão e monitoramento eficiente de represas e barramentos.

Nesta luz, foi patente que a gestão das bacias hidrográficas formados por barragens estava subavaliada e mal gerida, portanto, este estudo pretende compreender o cenário atual de duas represas que estão sendo construídas no início da década de 2020, no Estado de São Paulo, em uma das regiões metropolitanas mais importantes dos pontos de vista tecnológicos e industriais, e que tem como objetivo a mitigação da escassez de abastecimento hídrico desta região. Os estudos sobre a implementação de Planos de Conservação e Uso do Entorno destes Reservatórios Artificiais (PACUERA) pretendem compreender se será alcançada a competência pretendida pela referida CONAMA nº 302/2002, e tanto em caso positivo, quanto negativo, buscará se absorver quais as consonâncias e dissonâncias para tal resultado.

Barragens Pedreira e Duas Pontes

No fim da primeira década do século XXI, foram marcantes as estiagens e escassez no abastecimento urbano de água na região da Macrometrópole Paulistana, isto é, a confluência da conurbação das Regiões Metropolitanas de Campinas (RMC), São Paulo (RMSP) e Baixada Santista (RMBS). Tal cenário evidenciou o atraso em uma política de gestão dos recursos hídricos do Governo do Estado de São Paulo, exigindo que novos dispositivos fossem implementados, visando a garantia hídrica para esta área que se mostra como um dos principais centros urbanos da América Latina. O Sistema Cantareira já se encontrava saturado, e a expansão deste sistema, somado a descentralização desta fonte de abastecimento foram as soluções buscadas.

Para a expansão, foi instalado o Sistema São Lourenço, o que reequilibrou o volume de água disponibilizada pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE) e a concessionária (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Sabesp) nas regiões norte e oeste da RMSP, e para descentralizar o Sistema Cantareira foi indicado instalação de barragens para criação de lagos artificiais para abastecimento da RMC.

No caso, os corpos hídricos designados foram os rios Camanducaia, no município de Amparo, e o rio Jaguari, na divisa dos municípios de Campinas e Pedreira.

Estes dois reservatórios, intitulados Barragem Duas Pontes e Barragem Pedreira, respectivamente, estão em instalação, com licença obtida pelo DAEE. Em 2016 foi emitida a Licença Ambiental Prévia (LP) nº 2.513 para ambos os empreendimentos, e por sua vez em 2018 foi emitida primeiramente a Licença Ambiental de Instalação (LI) nº 2.557 para a Barragem Pedreira, e posteriormente emitida em 2020 a Licença Ambiental de Instalação (LI) nº 2.617 para a Barragem Duas Pontes.

A LP dos empreendimentos foi obtida através dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) para as duas barragens, e por sua vez para obtenção de LI foram elaborados os Projetos Básicos Ambientais (PBA). O PBA dos empreendimentos inaugurava os programas e planos socioambientais os quais norteiam as atividades construtivas em relação as medidas de conservação e mitigação dos impactos socioambientais, onde dentre estes diversos, aqui será tratado o Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial (PACUERA).

PACUERA

Conforme introduzido, estes Planos de Conservação e Uso do Entorno de Reservatórios Artificiais (PACUERA) foram instituídos através da Resolução CONAMA nº 302/2002, contudo, cabe destacar que dez anos mais tarde, a instituição da Lei Federal nº 12.651/2012, sobre um Plano Nacional para o Meio Ambiente, foi fundamental no esclarecimento e implementação das diretrizes desta Resolução nº 302, especificamente sobre a área de abrangência para estes Planos.

A Lei nº 12.651 dispõe sobre diversas especificidades no âmbito das Áreas de Proteção Permanente (APP), entretanto, o Art. 5º é taxativo sobre a questão dos PACUERA:

> **Art. 5º** Na implantação de reservatório d'água artificial destinado a geração de energia ou abastecimento público, é obrigatória a aquisição, desapropriação ou a instituição de servidão administrativa pelo empreendedor das Áreas de Preservação Permanente criadas em seu entorno, conforme estabelecido no licenciamento ambiental, observando-se a faixa mínima de 30 (trinta) metros e máxima de 100 (cem) metros em área rural, e a faixa mínima de 15 (quinze) metros e máxima de 30 (trinta) metros em área urbana.
> [...]

> **§ 2º** O Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial, para os empreendimentos licitados a partir da vigência desta Lei, deverá ser apresentado ao órgão ambiental concomitantemente com o Plano Básico Ambiental e aprovado até o início da operação do empreendimento, não constituindo a sua ausência impedimento para a expedição da licença de instalação.

A grosso modo, a partir do que versa Resolução nº 302/02, aliado ao que rege a Lei nº 12.651/12, determina-se que a elaboração do PACUERA deva ocorrer no âmbito do procedimento de licenciamento ambiental, a partir de etapas necessárias desde a elaboração até a aprovação do Plano, definindo também responsabilidades aos atores envolvidos, tais como empreendedor, governanças municipais, e quando cabíveis estaduais e federais, Comitês de Bacias (quando houver), além de sociedade civil e representantes afins (tais como Organizações Não Governamentais (ONGs) e representantes de áreas de proteção), além de representantes da indústria e comercio, como ocorre no caso da Barragem de Duas Pontes (município de Amparo).

Isto é, o processo atravessa desde os primeiros estágios de desenvolvimento dos projetos de barragens, tanto para geração de energia, quanto para abastecimento público, passando pela Licença Ambiental Prévia (LP), sendo apresentado antes e/ou durante a vigência da Licença Ambiental de Instalação (LI) do empreendimento, e sua aprovação seria um dos alicerces para emissão de uma Licença Ambiental de Operação (LO) deste represamento. Sendo a implementação e operacionalização do PACUERA, um dos objetivos do empreendimento.

Assim, os Planos Ambientais de Conservação e Uso do Entorno de Reservatórios Artificiais buscam por uma linha de aproveitamento sustentável e harmônico entre os novos lagos artificiais e o contexto socioambiental pré-existente do entorno, o que por si só se trata de uma prática bastante moderna de empreendimentos que impactam, via de regra, as mais diversas esferas ambientais, seja da fauna terrestre, além de aquática, bem como vegetação e sociedade ali estabelecidos, visando um estágio pleno entre o novo e o antigo.

Segundo levantado até aqui, desde os anos 2000, até o início da década de 2020, a aprovação destes Planos tem sido escassa por parte dos órgãos ambientais estaduais, bem como pelo órgão ambiental federal (Ibama). Se a pesquisa for sobre os casos do Estado de São Paulo, onde a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) se mostra como um órgão responsável, e de grande vigor e responsabilidade ambiental, ainda não existem procedimentos claros.

Sobre o tema, Sobral (2013) já indicava certa dificuldade em avaliar os efeitos e resultados destes PACUERA, passados dez anos da inauguração da Resolução nº 302/02, pois até o início da década de 2010, se tinha conhecimento de apenas três casos de reservatórios artificiais de hidrelétricas que haviam desenvolvido o Plano ainda enquanto documento, sem implementação efetiva.

Neste sentido, pretende-se aqui esboçar uma avaliação do que foi apresentado, até este momento pelo DAEE, para o respectivo PACUERA da Barragem Pedreira, para compreender a estrutura metodológica deste Plano, que têm evidente potencial para melhoria da gestão das microbacias formadas pelo entorno dos reservatórios que entrarão em operação até o fim da década de 2020, e se utilizam, implicitamente de conceitos bastante próximos aos que a ciência geográfica desenvolveu sobre geossistemas.

Unidades de Paisagem e Geossistemas no contexto metodológico do PACUERA

O DAEE disponibilizou em seu sistema digital (https://www.daeepedreiraeduaspontes.com.br) de gerenciamento dos Planos e Programas Socioambientais o 3º Relatório Quadrimestral de Acompanhamento das Condicionantes Ambientais, referente ao período de setembro a dezembro de 2019.

Neste documento, consta o Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial (PACUERA) elaborado para a Barragem Pedreira. Segundo o DAEE (2020), o empreendimento encontra-se posicionado no rio Jaguari, entre municípios de Pedreira (margem direita) e Campinas (margem esquerda). Está previsto a implantação de um reservatório com área estimada em aproximadamente 2,02 km² (N.A. máximo normal), com volume total da ordem de 38,34 hm³, e volume útil de 31,92 hm³. A localização do eixo da barragem selecionada na ocasião correspondia às coordenadas UTM 7.481.150 S e 304.350 E.

A área de abrangência para a elaboração do PACUERA engloba uma envoltória ao reservatório, com raio de 1,0 km (um quilômetro) medido a partir da cota máxima de inundação (637,0 m), que também engloba as estruturas permanentes e de apoio às obras de implantação da Barragem Pedreira. Ressalta-se que para alguns setores a envoltória considerada no PACUERA foi menor que 1 km, em função do limite da bacia hidrográfica, uma vez que o estudo do EIA também se limitou à bacia do rio Jaguari. A montante do barramento foi considerada área do PACUERA até a distância de 650 metros.

O documento se organiza sobre uma avaliação de dados primários e secundários, onde são apresentados diagnósticos dos meios físicos, bióticos e antrópicos, para uma área de 1.734,21 hectares.

Dentre os diagnósticos, dados multifatoriais, multi e interdisciplinares, bem como de maneira multitemporal, com referenciais passados, atuais e previstos para após a instalação da Barragem. Apesar da imensa gama de dados abordados, os enfoques levados em consideração para o desenvolvimento da matriz diagnóstica para as Fragilidades Ambientais do PACUERA prevê sete (07) temas a serem cartografados, avaliados e inter-relacionados, são eles: Geologia, Geomorfologia, Suscetibilidade à Erosão, Declividade, Drenagens e APPs, e Uso e Ocupação dos solos. Implicitamente são levados em consideração ainda, dados de rede hidrográfica e modelagem da qualidade das águas, vegetação a ser suprimida e áreas de plantio compensatório para formação da futura APP do reservatório, além de restrições legais, representadas por unidades e áreas de proteção ambiental (como o caso da Área de Proteção Ambiental - APA Campinas).

Está análise multifatorial executada no PACUERA se estrutura tal como o Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas (BRASIL, 2007). Neste robusto documento normativo, desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia, e disponibilizado pelas Centrais Elétricas Brasileiras SA (Eletrobrás), nota-se o desenvolvimento de uma metodologia intrinsicamente atrelada aos conceitos envolvidos nas discussões sobre paisagem e geossistemas.

Por um lado, o Manual (BRASIL, 2007, p. 100), que tutela a metodologia do PACUERA, reflete que

> A bacia hidrográfica, cujos principais elementos componentes são as encostas e a rede de canais fluviais, deve ser considerada dentro de uma abordagem mais ampla, como um sistema complexo que comporta processos de naturezas diversas, que interagem mutuamente e variam tanto no espaço quanto no tempo, compondo o que se pode chamar de unidade da paisagem.

Por outro lado, é possível rememorar os princípios discutidos por Troll (1950), desenvolvidos em um contexto histórico-científico com raízes no Neopositivismo, quando propôs o desenvolvimento de uma ciência baseada sobre estudos nos aspectos espaço-funcionais dos elementos formadores e integradores da superfície do planeta Terra. E posteriormente, Sotchava (1977) compreendeu a necessidade de balizar o raciocínio com enfoque na geografia e ecologia, isto é, no espaço e na função.

É evidente a influência dos conceitos geográficos de paisagem e geossistema nos alicerces da metodologia no Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas (BRASIL, 2007) e consequentemente no PACUERA. Esta influência é traduzida por Rodriguez e Silva (2019) na seguinte passagem:

> O enfoque geossistêmico procurou racionalizar as tarefas exigidas na análise das dependências entre os distintos fenômenos geográficos, como de desmatamentos de bosques, modificações no escoamento fluvial, desvio de cursos d'água, transformações dos regimes naturais em virtude da construção de barragens, intensificação de processos erosivos [...] e outros múltiplos problemas que surgem na ocupação dos territórios (RODRIGUEZ; SILVA, 2019, p. 42 apud COVIZZI, 2020, p. 21).

Na continuidade do desenvolvimento metodológico, como dito anteriormente, foram levantados dados diagnósticos dos meios físico, biótico e socioeconômico, onde componentes-sínteses compõem uma listagem dos critérios passíveis de avaliação. Este quadro referencial permite avaliar cada componente-síntese tanto de forma quantitativa quanto qualitativa, a partir das informações disponíveis e mapeáveis.

Após avaliação de disponibilidade, homogeneidade e relevância dos dados para o objetivo proposto pelo PACUERA da Barragem Pedreira, foram selecionados 27 critérios de fragilidade (componentes-sínteses) distribuídos entre os diversos temas.

A maior significância foi atribuída aos meios biótico e socioeconômico, em função dos atributos potenciais para a preservação dos recursos naturais e pela necessidade da cobertura vegetal, além do uso das terras adequado, pois o uso incompatível causa a diminuição do potencial produtivo e contaminação ambiental.

Durante a elaboração da metodologia deste Plano Ambiental, nota-se que não há atribuições explicitas as bases teórico-metodológicas da Ciência Geográfica, a respeito da Teoria Geral dos Sistemas (TGS), ou a respeito de Unidades de Paisagem, ou Geossistemas. Contudo o encadeamento do raciocínio sobre o levantamento, compreensão, avaliação e resultado das Fragilidades Ambientais seguem pelo mesmo fluxo de pensamento.

Neste caso, Christofoletti (1979) *apud* Covizzi (2020) traz com clareza o desenvolvimento deste processamento de dados, tal qual o PACUERA busca, onde as Unidades da Paisagem são efeito de delimitação e distinção de sistemas, e é preciso considerar normas que deem diretrizes objetivas a esse processamento, através das seguintes noções: a) proximidade física dos elementos; b) similaridade de seus elementos; c) o objetivo comum de seus elementos; d) a padronagem distinta ou reconhecível de seus elementos. E

assim "*As variáveis expressam as qualidades atribuídas ao sistema, enquanto os valores dos parâmetros denunciam a intensidade dos atributos relacionados aos fatores controladores e fornecidos ao sistema, como quantidade de material ou energia*" (COVIZZI, 2020, p. 26).

Na continuação do desenvolvimento metodológico do PACUERA, foram construídas escalas de variação com expressão numérica. Salienta-se que as escalas de variação do valor dos parâmetros para fins de enquadramento nas categorias construídas, foram definidas em função de valores de referência específicos para cada tema, tomando-se parâmetros como a metodologia do Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas (BRASIL, 2007), que igualmente utiliza indicadores e variáveis.

Desse modo, os valores dos critérios (quantitativos e qualitativos) foram normalizados numa escala variando de maior que 1 a menor que 5 da seguinte forma (de acordo com os centros de classe) – Tabela 1:

Quadro 1 – Escala de Valores de Fragilidade Ambiental

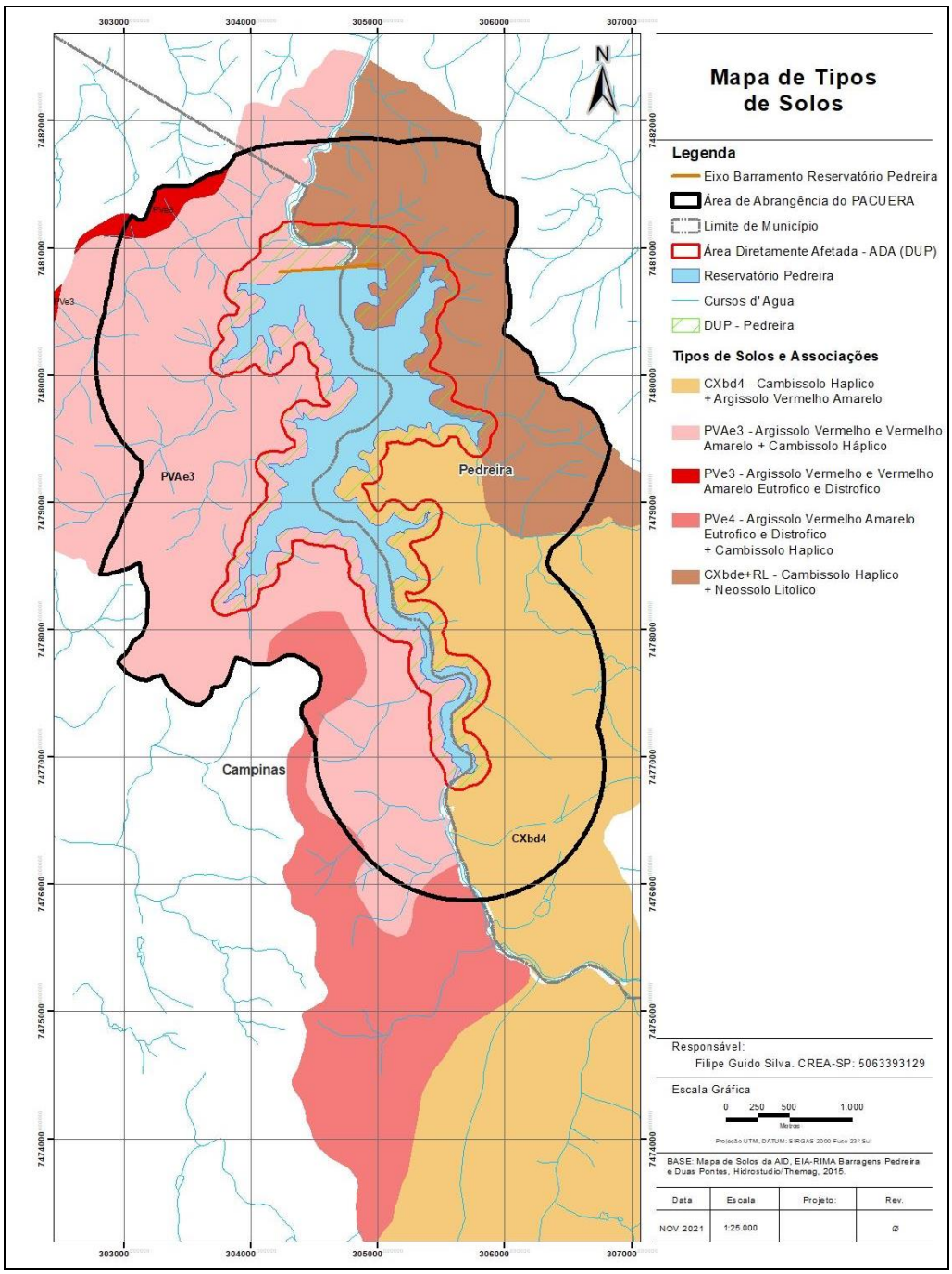
1	**Muito Baixa**	**2**	**Baixa**	**3**	**Média**	**4**	**Alta**	**5**	**Muito Alta**

Fonte: Adaptado do EIA (DAEE, 2015).

A partir da escolha e definição dos critérios e do cálculo da sua ponderação, foram elaborados os mapas de fragilidade de cada um dos critérios. A seguir, com uso de mapas obtidos no PACUERA da Barragem Pedreira, pode-se visualizar o processamento dos dados.

Como dito, inicialmente o mapeamento dos temas utilizou a base cartográfica desenvolvida pelo Estudo de Impacto Ambiental (EIA, DAEE, 2015) do empreendimento. Então, a partir de cada tema, os valores foram aplicados a cada poligonal identificada. Como exemplo, pode-se observar na Figura 1, o mapa temático referente a pedologia da área de abrangência do PACUERA da Barragem Pedreira.

Figura 1 – Mapa de Tipos de Solos



Fonte: Adaptado do EIA (DAEE, 2015).

Cada unidade de solos, neste caso, bem como nos demais temas, é identificado cartograficamente em poligonais, que por sua vez são avaliadas e recebem valores, estipulados por níveis maiores e menores de fragilidades ambientais, de acordo com a escala pré-estabelecida (Tabela 1). Ou seja, neste caso, os solos são avaliados por unidades pedológicas mais ou menos suscetíveis a desenvolvimento de erosões ou outras intempéries,

ou seja, solos mais coesos recebem notas mais baixas, enquanto solos menos coesos e mais frágeis, recebem notas mais altas. De forma que, então as unidades identificadas foram classificadas da seguinte forma na Tabela 2:

Quadro 2 – Classes de Solos identificados na Área do PACUERA da Barragem Pedreira

Classe	Sigla	Nota
CXbd4 - Cambissolo Haplico	Cxbd	3
CXbde+RL - Cambissolo Haplico + Neossolo Litolico	Cxbde + RL	3
Argissolos Vermelhos Eutróficos	PVe	4
Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos	PVAe	5

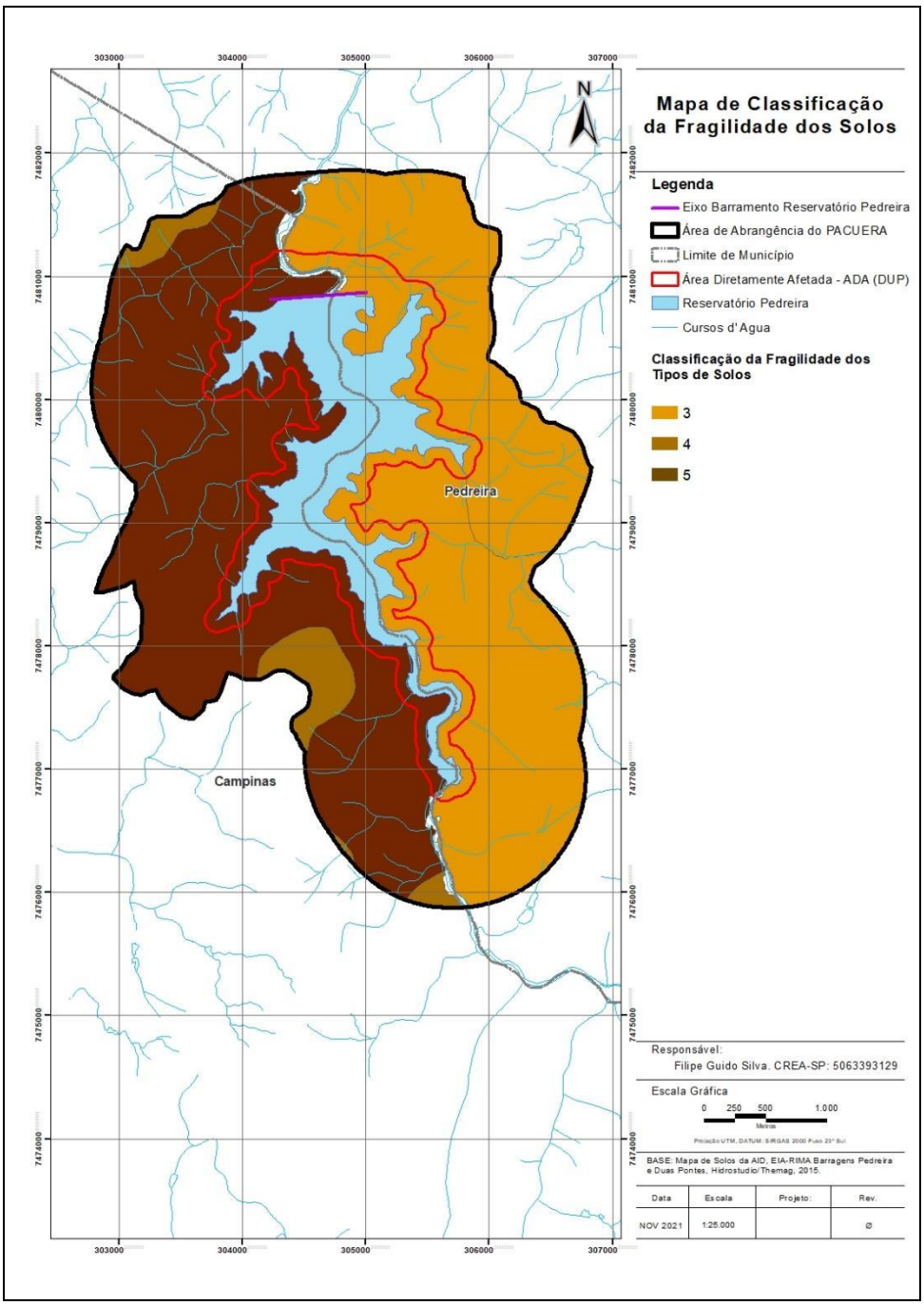
Fonte: Adaptado do EIA (DAEE, 2015).

Este processo é traduzido nas seguintes unidades classificadas e georreferenciadas na Figura 2.

O processo então segue pelas demais esferas, obtendo resultados para todos os sete (07) temas previstos.

Além do que já foi ilustrado até aqui, sobre o contexto teórico, metodológico, multi e interdisciplinar que contextualizam o processamento dos dados para este quadro referencial do PACUERA, vale também mencionar o que Tricart consagrava em seus estudos na década de 1970. Com o conceito amplamente difundido de sistema, como conjunto de fenômenos desenvolvidos a partir do fluxo de energia e matéria, com origem em uma interdependência, de maneira integral e dinâmica, o caminho metodológico do PACUERA busca, assim como Tricart compreendia, uma atitude dialética, onde exista a necessidade de análise e compreensão do todo, para atuar sobre o meio ambiente.

Figura 2 – Classificação da Fragilidade dos Tipos de Solos



Fonte: Adaptado do EIA (DAEE, 2015).

Nesta linha, o desenvolvimento metodológico do PACUERA acompanha amplamente a compreensão geossistêmica de Sotchava, uma vez que este Plano de Conservação e Uso compreende as componentes naturais e antrópicas de maneira inter-condicional e inter-relacional no tempo e espaço, isto é, o PACUERA, assim como os

geossistemas, é resultado da sobreposição dos diversos fatores da paisagem, seja dos meios físico, biótico e antrópico.

De maneira precisa e sucinta, Covizzi (2020) indica que um sistema é composto basicamente por matéria, energia e estrutura, em sua lembrança aos trabalhos de Christofoletti. De acordo com o consagrado autor, (CHRISTOFOLETTI, 1979 *apud* COVIZZI, 2020) a matéria corresponde ao material que vai ser mobilizado através do sistema, por exemplo, dentro dos geossistemas, os subsistemas que têm o movimento de matérias, como o subsistema planta (água e minerais absorvidos do solo); o subsistema hidrográfico (água, sedimentos, matéria orgânica); o subsistema vertente (precipitação, rocha subjacente, vegetação). O segundo componente, a energia, corresponde às forças que fazem o sistema funcionar, gerando capacidade de trabalho, podendo ser potencial (gravidade) ou cinética (transporte de sedimentos, movimento das águas). Desse modo, associando ambos os componentes, verifica-se uma dinâmica de matéria e energia que circula constantemente, se transforma e pode ser armazenada. O terceiro componente, a estrutura, é constituído por elementos e suas relações, expressando-se através do arranjo dos componentes; o seu tamanho é determinado pelo número de elementos que o compõem. O encadeamento das variáveis de um sistema expressa o modo pelo qual elas se inter-relacionam. A direção da causalidade mostra qual é a variável independente, aquela que é controlada, de modo que a última só sofre modificação se a anterior se modificar.

Este contexto fluí de maneira dinâmica, não apresentando necessariamente uma homogeneidade evidente, pois as diversas paisagens contidas na área estudada, compõem um caleidoscópio de diferentes estágios de evolução das paisagens.

Assim, em continuidade, para gerar o dado da Fragilidade Ambiental utiliza-se um Sistema de Informações Geográficas para combinar (unir) todos os temas, e integrar os campos de notas de cada tema em uma única matriz, onde a conclusão se dá sobre o resultado da Fragilidade Ambiental para cada fragmento que contêm cada fisionomia da paisagem.

A partir de cálculos matemáticos, então são aplicados pesos, onde o maior valor obtido no resultado, representa maior fragilidade ambiental. Ou seja, a partir desta matriz inicial passa-se a realizar uniões com exercícios de exageros sobre os temas, reforçando sua importância ambiental e reproduzindo cenários.

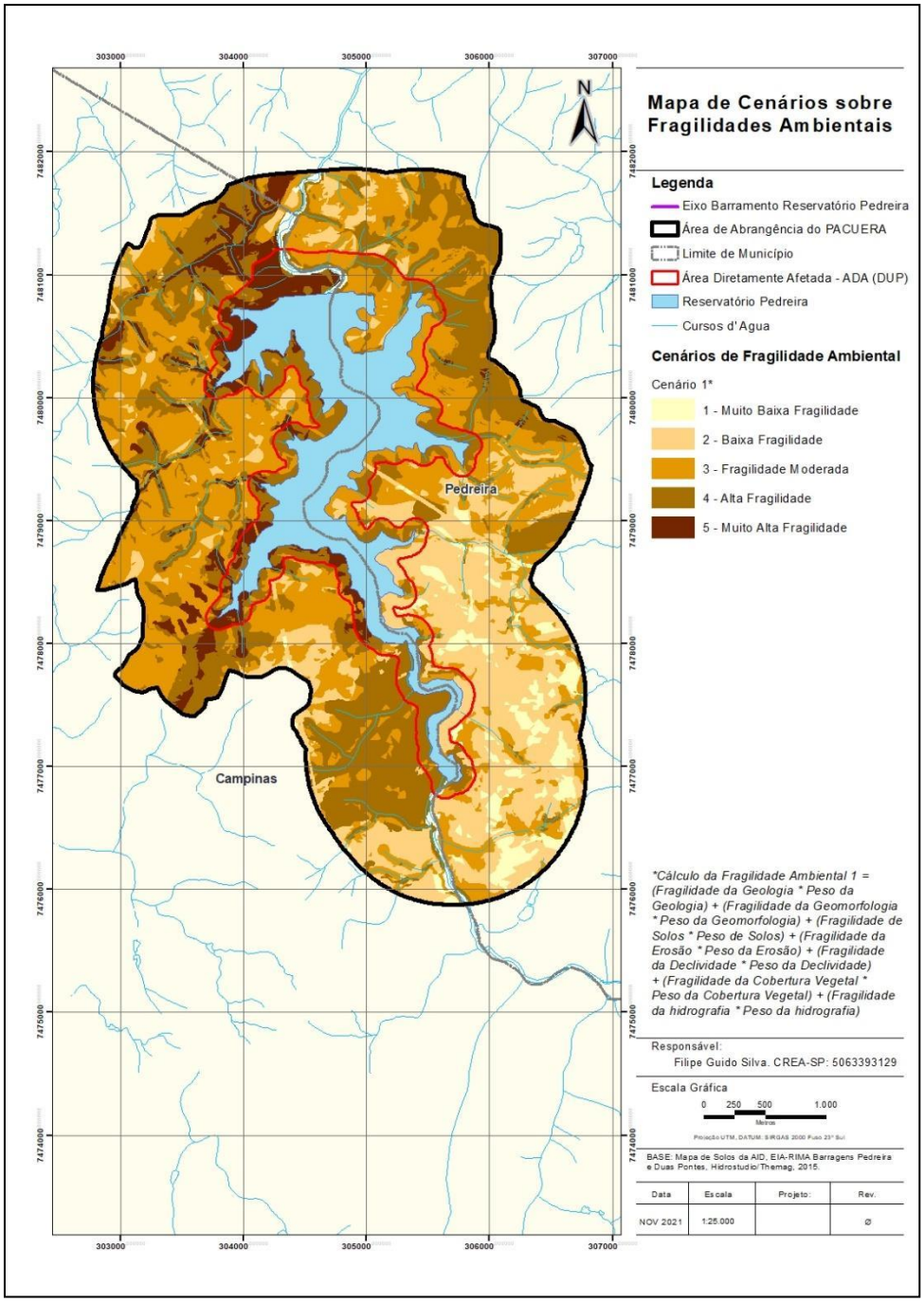
Aqui vale mencionar que o conceito de Ecologia da Paisagem, termo (*Landshaft ökologie*) cunhado por Troll (1939), está presente no desenvolvimento metodológico de maneira explicita no Manual de Inventário (BRASIL, 2007, p 111), com "*a análise da forma*

e conectividade dos fragmentos florestais e sua representatividade ecológica para a manutenção das espécies", e implicitamente no PACUERA, uma vez que o resultado dos exercícios, a seguir, busca objetivamente um cenário homogêneo, que conflua entre a realidade atual e a pretendida, de maneira mais harmônica e plena, entre o que há antes e o que haverá após a conformação de um novo dispositivo que impacta potencialmente positiva e negativamente a natureza e sociedade instalados no entorno do reservatório.

No caso, os cenários reproduzidos se basearam nas seguintes fórmulas: **Cenário 1**: Foi realizada uma união de todos os temas, multiplicados pela nota de seus pesos.

Fragilidade Ambiental 1 = *(Fragilidade da Geologia * Peso da Geologia) + (Fragilidade da Geomorfologia * Peso da Geomorfologia) + (Fragilidade de Solos * Peso de Solos) + (Fragilidade da Erosão * Peso da Erosão) + (Fragilidade da Declividade * Peso da Declividade) + (Fragilidade da Cobertura Vegetal * Peso da Cobertura Vegetal) + (Fragilidade da hidrografia * Peso da hidrografia)*

Figura 3 – Cenário 1 de Fragilidade Ambiental



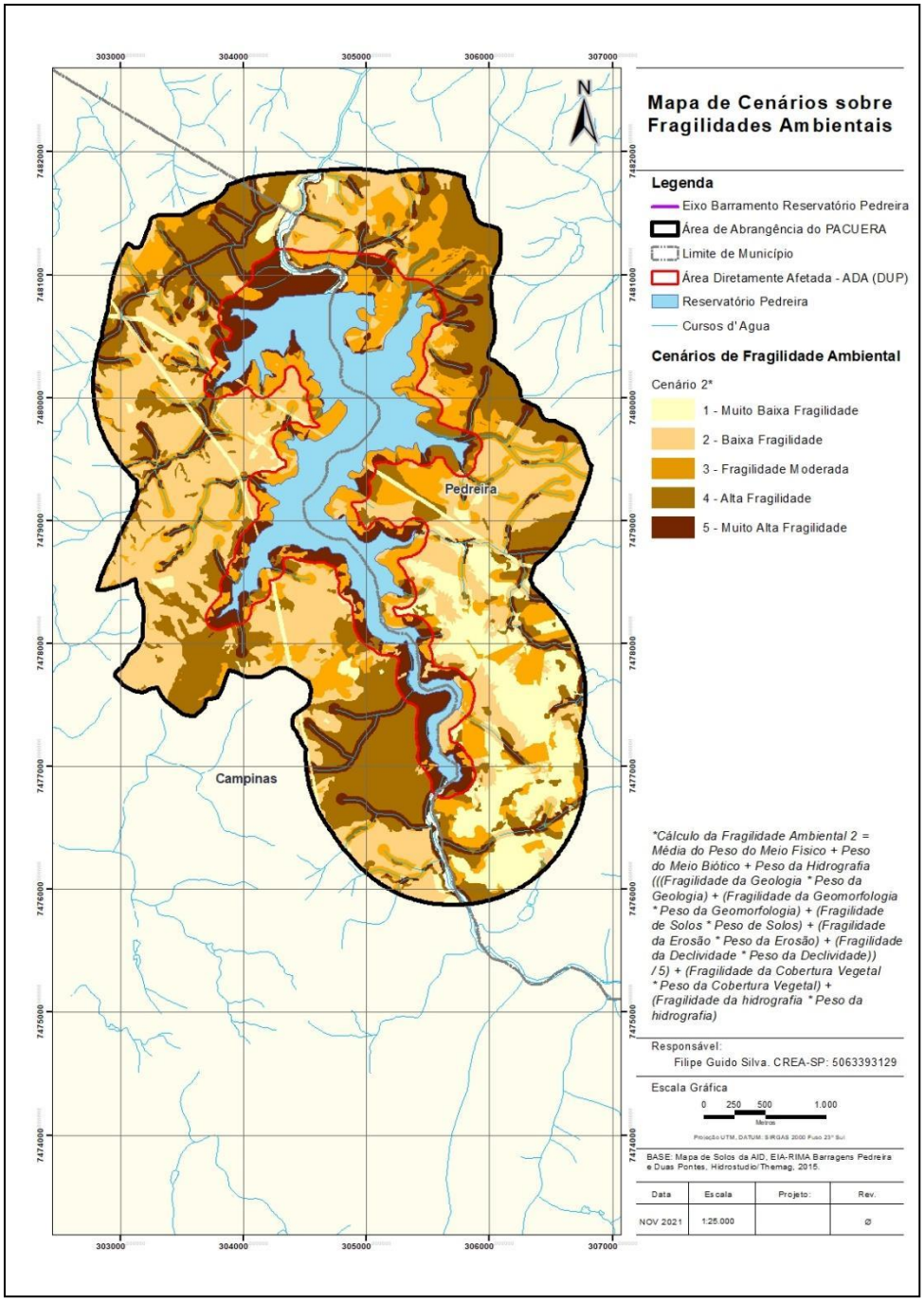
Fonte: Adaptado do EIA (DAEE, 2015).

Cenário 2: Os temas do meio físico foram cruzados entre si, gerando um único tema de média do meio físico que foi cruzado com o tema Biótico e Hídrico. Nesse cenário ainda foram mantidos os pesos de todos os temas.

Fragilidade Ambiental 2 = *Média do Peso do Meio Físico + Peso do Meio Biótico + Peso da Hidrografia (((Fragilidade da Geologia * Peso da Geologia) + (Fragilidade da*

*Geomorfologia * Peso da Geomorfologia) + (Fragilidade de Solos * Peso de Solos) + (Fragilidade da Erosão * Peso da Erosão) + (Fragilidade da Declividade * Peso da Declividade)) / 5) + (Fragilidade da Cobertura Vegetal * Peso da Cobertura Vegetal) + (Fragilidade da hidrografia * Peso da hidrografia)*

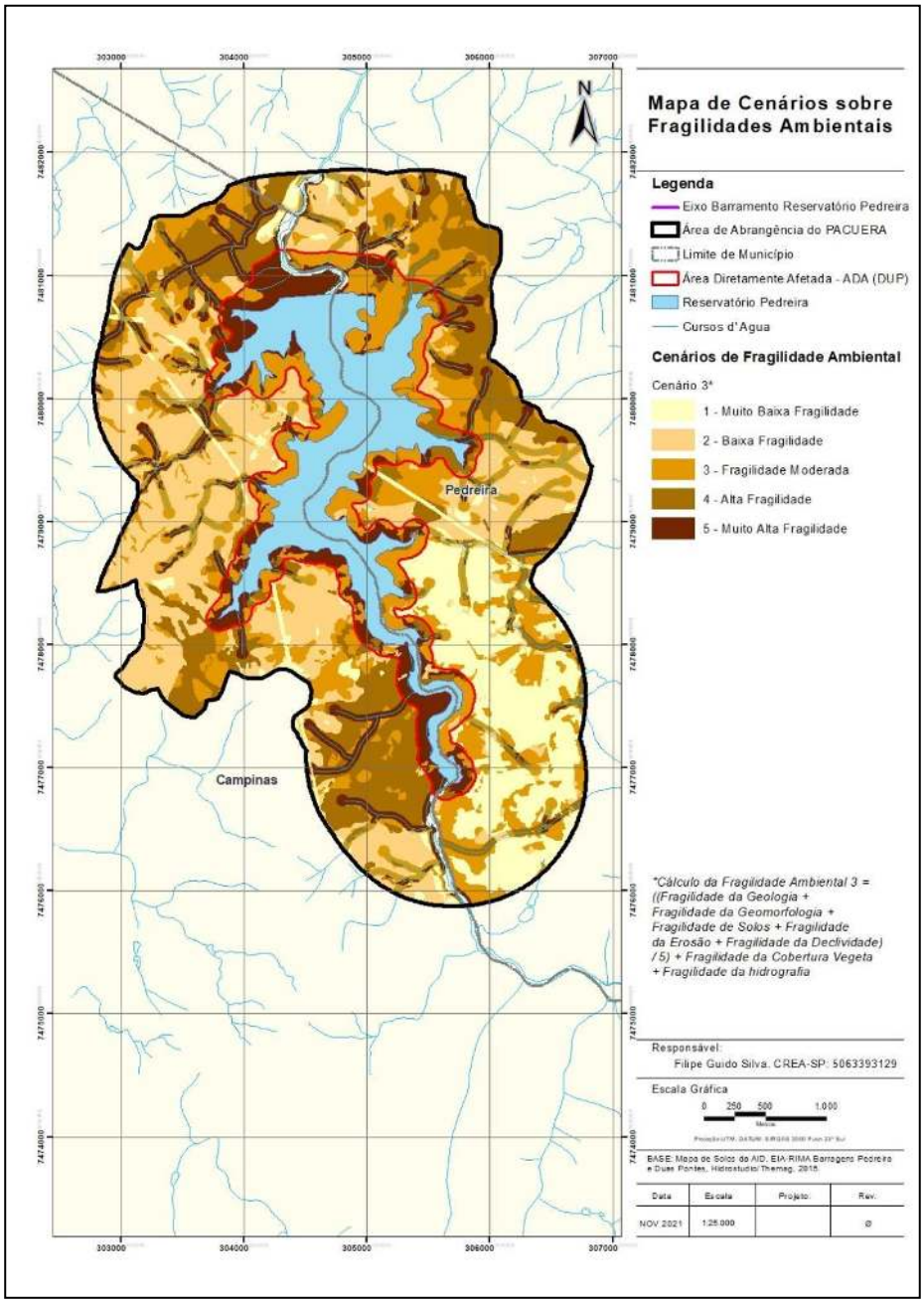
Figura 4 – Cenário 2 de Fragilidade Ambiental



Fonte: Adaptado do EIA (DAEE, 2015).

Cenário 3: Os temas do meio físico foram cruzados entre si, gerando um único tema de média do meio físico que foi cruzado com o tema Biótico e Hídrico.

Figura 5 – Cenário 3 de Fragilidade Ambiental



Fonte: Adaptado do EIA (DAEE, 2015).

Nesse cenário não foram mantidos os pesos dos temas.

Fragilidade Ambiental 3 = *((Fragilidade da Geologia + Fragilidade da Geomorfologia + Fragilidade de Solos + Fragilidade da Erosão + Fragilidade da Declividade) / 5) + Fragilidade da Cobertura Vegetal + Fragilidade da hidrografia*

A partir dos cenários obtidos, avalia-se a compatibilidade de cada opção para a realidade assistida na Área do PACUERA da Barragem Pedreira. Sobre o **Cenário 1**, revela-se que houve conectividade fragmentada ao que viria a projetar a Zona de Proteção Permanente e Ambiental (ZPPA), bem como fragmentação de outras Zonas que dificultariam a aplicabilidade do PACUERA, inclusive para fins de fiscalização.

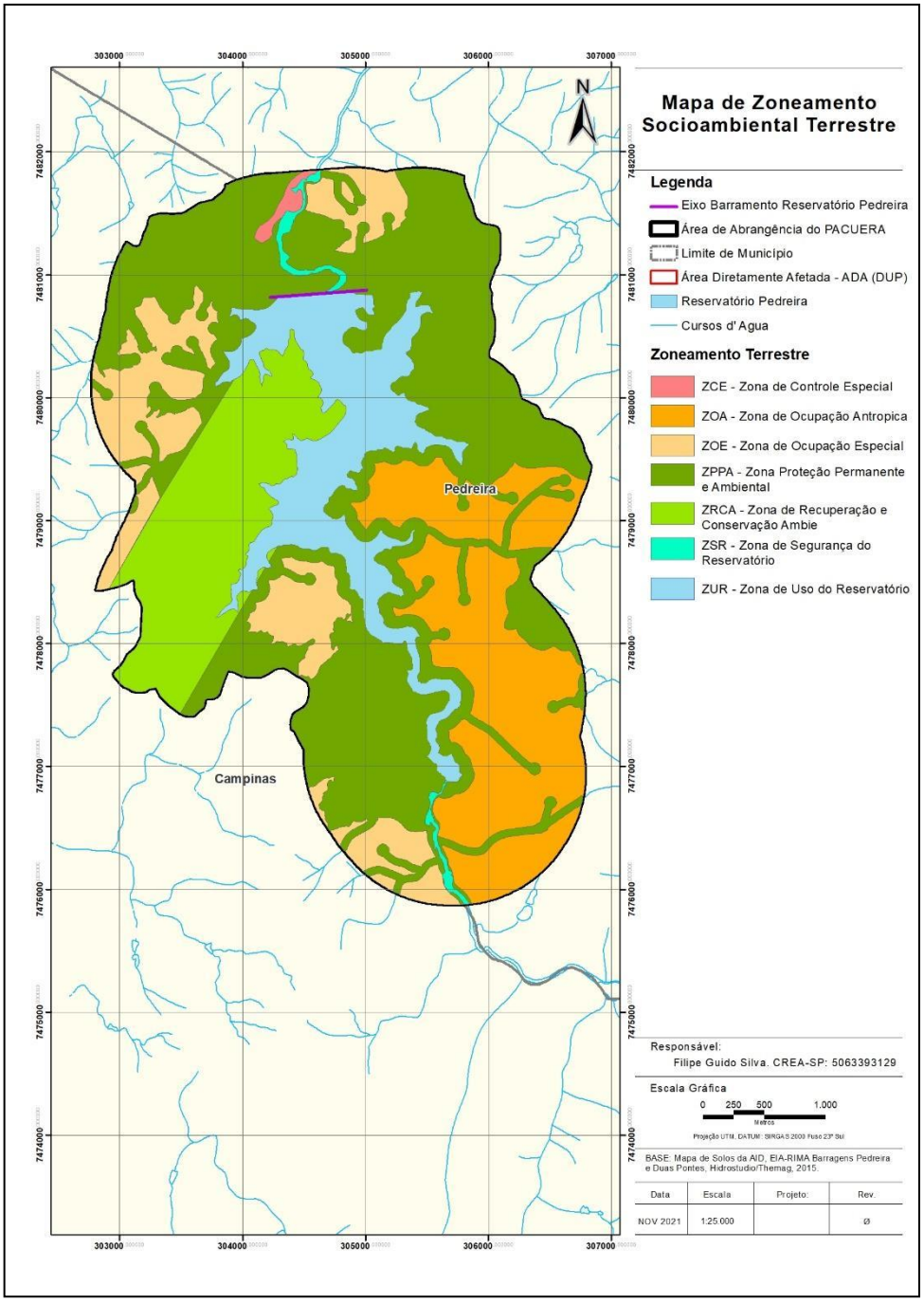
Sobre o **Cenário 3**, nota-se que é uma opção também com efetividade relativa, pois apresenta grande compartimentação das poligonais finais, o que implicaria em maior desunião das Zonas.

Por fim, o **Cenário 2** reproduz grande similaridade aos critérios e fragilidades locais, apresentando fragmentação menos assimétrica entre as classes mais frágeis e menos frágeis, assim apresentando áreas mais contiguas, o que atende a meta e objetivo da Ecologia da Paisagem, previsto no Manual de Inventários, que norteia o desenvolvimento metodológico deste Plano.

Zoneamento Ambiental e Lacustre do PACUERA da Barragem Pedreira

Assim, partindo deste Cenário, as poligonais são traduzidas em sete (07) zonas, que respeitam as diversas atribuições dos meios presentes na paisagem, bem como a nova análise de fragilidade ambiental a que foram submetidas. De forma que, as poligonais buscam manter conectividades geossistêmicas e ecossistêmicas, além de promover um uso futuro do solo do entorno do reservatório artificial, que busque melhorar a qualidade da fauna, flora, solos, e principalmente dos recursos hídricos, tanto superficiais, quanto subterrâneos, influenciando também na garantia de disponibilidade e vida útil do novo reservatório instalado. A Figura 6 e a Tabela 3 traduzem as áreas e percentis de cada Zona devidamente mapeada.

Figura 6 – Mapa de Zoneamento Ambiental



Fonte: Adaptado do EIA (DAEE, 2015).

Quadro 3 – Zonas Ambientais do PACUERA da Barragem Pedreira

Zonas Ambientais	Área em Hectares	(%)
Zona de Segurança do Reservatório (ZSR)	12,59	0,73
Zonas de Proteção Permanente e Ambiental (ZPPA)	779,68	44,96
Zona de Recuperação e Conservação Ambiental (ZRCA)	232,47	13,40
Zona de Ocupação Especial (ZOE)	176,70	10,19
Zona de Ocupação Antrópica (ZOA)	317,48	18,31
Zona de Controle Especial (ZCE)	6,85	0,40
Zona de Uso do Reservatório (ZUR)	208,43	12,02
Total	**1.734,21**	**100,00**

Fonte: Adaptado do EIA (DAEE, 2015).

Nota-se que a superfície de alagamento propriamente dita está identificada como Zona de Uso do Reservatório (ZUR), para esta, especificamente, foi elaborada uma análise e interpretação dos componentes socioeconômicos e ambientais, contemplando a caracterização limnológica e os usos múltiplos (atuais e futuros) da água (enquadramento), como lazer, navegação, geração de energia, dentre outros.

Basicamente se trata de quatro (04) Zonas Lacustres, sendo a mais simples e setorizada a Zona Lacustre de Segurança (ZLS), que compõe uma faixa de 100 metros à montante do barramento, a fim de se garantir a salvaguarda de pessoas não autorizadas bem como do próprio empreendimento.

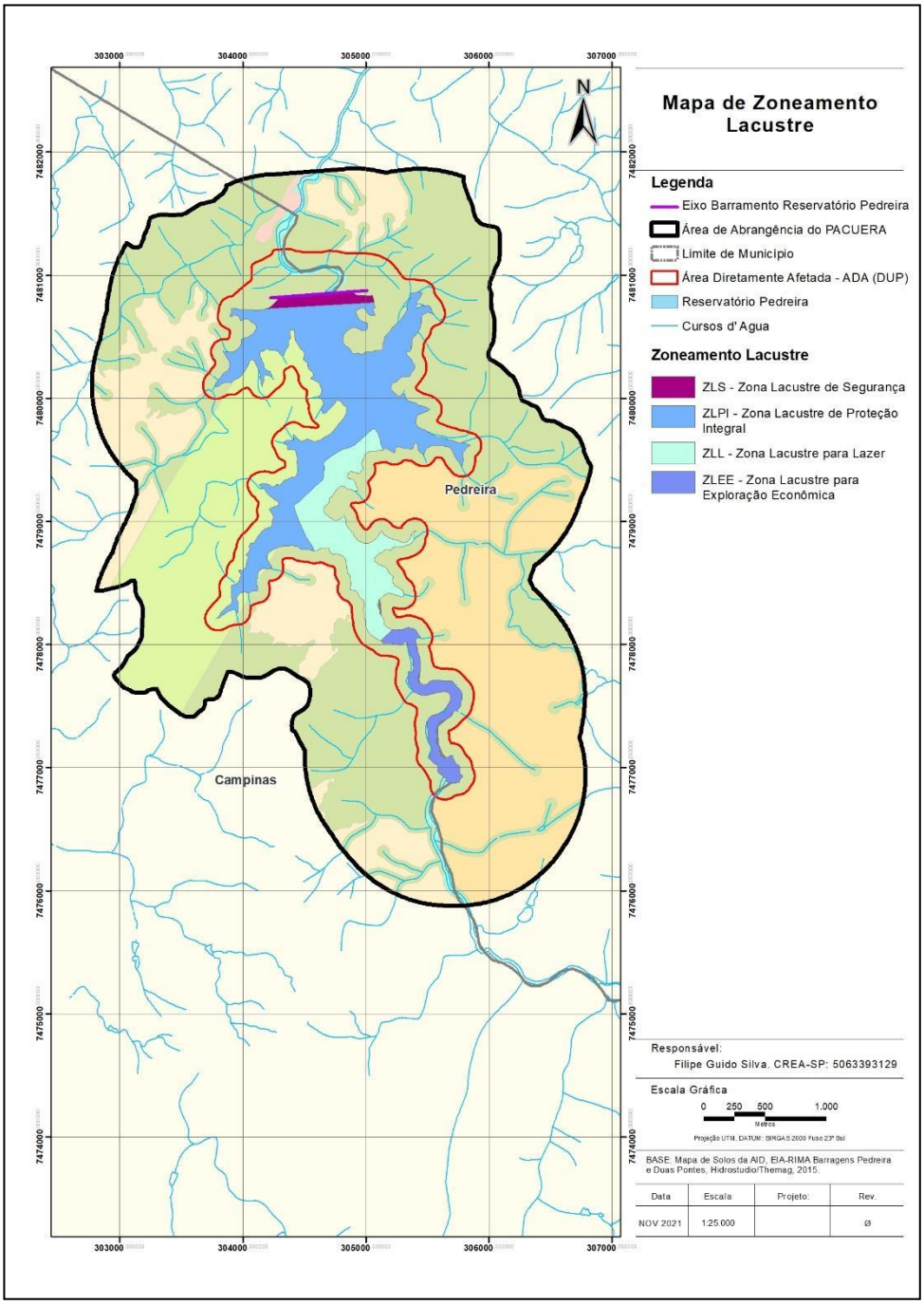
Além desta, as outras três Zonas Lacustres envolvem grande gama de condicionantes sobre qualidade e volume de água do reservatório. No caso da Zona Lacustre de Lazer (ZLL), quaisquer que sejam as variações de qualidade e volume de água do reservatório, impactam diretamente na saúde e segurança da população que venha a frequentar o lago, isso porque tais enquadramentos mais positivos, ou negativos são avaliações e obrigações de condicionantes para usos múltiplos deste recurso, isto é, a depender da qualidade das águas o tipo de pesca e o tipo de esporte náutico fica aprovado, ou reprovado, pelos órgãos ambientais e pela Delegacia da Capitânia dos Portos.

Assim, de maneira condicional, a Zona Lacustre de Proteção Integral, visa evidentemente a proteção do manancial e de suas margens, além da vida aquática, e segurança da populaça. Esta Zona, em especial, buscou respeitar limites da faixa de cisalhamento Valinhos, identificada no Zoneamento do Plano Estratégico da APA Campinas (2018), faixa esta compreendida como área de recarga de aquífero, e, portanto, na faixa lacustre, com

objetivo de proteger integralmente e garantir volume e qualidade desta componente física da paisagem.

Em suma, a Figura a seguir demonstra que a ZLS está próxima ao eixo do barramento, à montante está a ZLPI, e identificadas como área de recarga de aquífero. Por fim, a Zona Lacustre para Potencial Exploração Econômica (ZLEE) encontra-se no último trecho montante, onde está prevista a disponibilidade de investimentos em setores de turismo, pesca, piscicultura e esportes náuticos de maneira econômica, por entes interessados nesta.

Figura 7 – Mapa de Zoneamento Lacustre



Fonte: Adaptado do EIA (DAEE, 2015).

Há previsão para implementação do PACUERA Barragem Pedreira?

Até o momento, o desenvolvimento do empreendimento (Barragem Pedreira) está em processo de instalação. Segundo o DAEE, já houve o desvio do curso natural do rio Jaguari, e

o processo de construção da barragem em si está em andamento, ou seja, nos próximos meses estão previstas a continuidade da construção civil do empreendimento.

Quanto ao que está previsto na CONOMA nº 302/2002, o **Artigo 1º** indica que é obrigatório a elaboração deste Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatórios Artificiais, neste caso, e esta demanda está atendida.

Contudo, a referida CONAMA indica que as condicionantes para elaboração do PACUERA estarão no Termo de Referência, elaborado pelo órgão ambiental responsável pelo licenciamento do empreendimento, no caso a CETESB. Este fato deixa certa imprecisão para que haja um procedimento padrão para o contexto nacional.

Em continuidade, a CONAMA em questão indica no **Artigo 4º** que a aprovação do PACUERA acontecerá precedida de consulta pública, além de receber as considerações do Comitê de Bacias, neste caso um dos Comitês mais atuantes no Brasil, o Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ).

Está previsto no Plano Básico Ambiental (PBA) que "*Após a consulta Pública, as sugestões e solicitações adicionais serão incorporadas à versão final e consolidadas em PACUERA*" (DAEE, 2018). E o documento segue, indicando que a "*Após a validação do Plano pela comunidade e aprovação pela CETESB, este deverá ser implantado pelos órgãos competentes e pelo empreendedor naquilo que lhe couber*" (DAEE, 2018).

Até o momento, os documentos públicos emitidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) foram: Licença Ambiental Prévia (LP nº 2.513/2013), Parecer Técnico (PT Nº 468/18/IE, sobre o PBA (DAEE, *op. cit.*) elaborado para obtenção da LI e a Licença Ambiental Instalação (LI nº 2.557/2018) do empreendimento. No PT nº 468/18/IE, grosso modo, são confirmadas as metodologias e diretrizes propostas pelo PBA, sem qualquer objeção ao que o DAEE pretende. Indica ainda a validade dos Programas previstos para o PACUERA, pelo PBA (DAEE, 2018) são:

- **Programa de Estrutura Organizacional**: que propõe um modelo integrado de gestão com foco na sustentabilidade constituído por um Conselho Administrativo que produzirá relatórios periódicos com suas ações realizadas e apresentará seus dados à sociedade;
- **Programa de Integração Institucional**: que servirá para receber novos colaboradores e ampliar seu conceito e entendimento do funcionamento da instituição;
- **Programa de Estruturação Econômico-Financeira**: voltado à formulação e desenvolvimento de projetos de restauração ou recuperação ambiental e sustentável, que visa gerar indicadores financeiros; e

- **Programa de Manejo do Solo, Conservação de Pastagem e Boas Práticas Agrícolas**: que incentivará práticas conservacionistas nas propriedades rurais alocadas no entorno do reservatório.

O PT nº 468/18/IE indica ainda que "As práticas serão de responsabilidade de seus proprietários e terá apoio e fiscalização do Conselho Gestor constituído e da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. E a fiscalização e o controle do entorno do reservatório devem contar com um canal de denúncias e reclamações da sociedade" (CETESB, 2018).

E a avaliação final, emitida pela CETESB (PT nº 468/18/IE) pondera que a proposta feita no PBA "é adequada em relação aos temas gerais propostos [...] e as zonas propostas pelo empreendedor, em princípio, adequadas". E por fim, a indicação de que a proposta do PACUERA "no entanto, deve ser detalhada para subsídio da elaboração do Termo de Referência por este Departamento".

Assim, realizada a entrega do Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial da Barragem Pedreira, fica a cargo da CETESB a emissão de um Termo de Referência sobre o Plano, para conclusão das ideias sobre o mesmo, e então início da aplicação deste PACUERA.

A continuidade dos estudos e análises aqui propostos, pretende-se avaliar o PACUERA entregue pelo DAEE para a Barragem Duas Pontes (Amparo, SP), no âmbito de sua metodologia, assim como feito para o PACUERA da Barragem Pedreira. Pretende-se levantar quais outros Planos para atendimento a CONAMA nº 302/2002 foram elaborados no estado de São Paulo, e se foram aplicados, e avaliar a efetividade do que foi feito.

A tese dos estudos sobre este assunto buscará compreender, sob uma perspectiva sistêmica, qual a efetividade dos PACUERAS, elaborados (e se implementados) no Estado de São Paulo, desde a criação da CONAMA nº 302/2002, quais seus impactos locais/setoriais, e a gravidade de sua interdependência com a matéria, energia e estrutura de montante para o sucesso de sua operação.

Considerações Finais

O presente estudo entende que há um equívoco conceitual na estruturação metodológica do PACUERA, e consequentemente no Manual de Inventário Hidroelétrico de

Bacias Hidrográficas (Brasil, 2007). Isso porque, se utilizando das bases e conceitos geográficos sobre Paisagem e a Teoria Geral dos Sistemas, compreende-se que, o funcionamento do geossistema constitui-se no cumprimento das funções, ações e trabalho de uma determinada paisagem. Neste processo ocorrem intercâmbios de substâncias e energia, decorrentes das interações existentes entre seus componentes e do geossistema com o exterior. A paisagem, como um geossistema em funcionamento, cria biomassa, solo, húmus, sais etc., e pode também armazenar e conservar energia. Já a estrutura da paisagem representa a forma pelo qual os componentes do geossistema se organizam espacialmente, e em como, em razão desta espacialização, se dão suas inter-relações e interações com o meio exterior, segundo Rodriguez (2007 *apud* Seabra *et. al* 2013).

Isto é, a efetividade (se houver) dos PACUERA limitar-se-ão a área de abrangência do Plano, isto é, em uma escala extremamente local. Ao que é pretendido pela CONAMA nº 302/2002, quanto a função ambiental das APPs para preservação dos recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteção do solo e assegurar o bem estar das populações humanas, não atinge nível satisfatório no que se entende na Ecologia da Paisagem, pois tais elementos ficam extremamente fragilizados e provavelmente não gerarão a efetividade pretendida pelos PACUERA, uma vez que não é considerado, claramente a inter-relação e interação com o meio exterior.

Isso porque, do ponto de vista do fluxo energético, estrutural e das matérias, de maneira sinérgica, a constituição da Bacia Hidrográfica é um território interdependente e inter-condicionante em si. A partir de todas as teorias intrínsecas no que se compreende por paisagem, atrelado aos fluxos biótico, abiótico, e mesmo socioeconômicos e culturais, a bacia hidrográfica carrega em si todo o fluxo de sua montante, o que pode gerar instabilidade ambiental e social na área de abrangência do PACUERA, onde se pretende uma reordenação territorial e ambiental.

Para melhor compreender os impactos positivos e negativos do PACUERA, nos próximos anos serão estudados os casos dos Planos para as barragens de Pedreira e Duas Pontes, e quais seus desdobramentos a montante e jusante das instalações tanto das barragens, quanto com o PACUERA efetivamente instituído.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 9.433/1997** - Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília: DF: 1997.

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 12.651/2012** - Normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal: Brasília: DF: 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas**. Ministério de Minas e Energia, CEPEL. – Rio de Janeiro: E-papers, 2007. 684p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE RESOLUÇÃO Nº 302/2002**. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>.

CAMPINAS. **Avaliação Estratégica da APA Campinas**. Campinas, 2018.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAUL. **Licença Ambiental Prévia - N° 2.513/2013** - (Processo Impacto Nº 189/2013). Data: 25/08/2016.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Parecer Técnico - N° 468/18/IE** - (Processo Impacto Nº 189/2013). Data: 26/12/2018.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Licença Ambiental de Instalação - N° 2.557/2018** - (Processo Impacto Nº 189/2013). Data: 28/12/2018.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Licença Ambiental de Instalação - N° 2.617/2020** - (Processo Impacto Nº 189/2013). Data: 28/12/2020.

COVIZZI, M.C. **Alterações da paisagem com a construção de barragens: perspectivas da gestão de recursos hídricos e dos sistemas ambientais.** 2020. 120 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas (s.n.), 2020.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto do Meio Ambiente - EIA/RIMA.** São Paulo: Consórcio HIDROSTUDIO Engenharia - THEMAG Engenharia e Gerenciamento, 2015.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Plano Básico Ambiental.** São Paulo: Ambiente Brasil Engenharia, 2018.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **3º Relatório Quadrimestral de Acompanhamento das Condicionantes Ambientais**. São Paulo: DAEE, 2019.

RODRIGUEZ, J. M. M., SILVA, E.V., CAVALCANTI, A.P.B. **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Editora UFC, 2004. 222p.

RODRÍGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. **Teoria dos Geossistemas - o legado de V. B. Sochava: Volume I Fundamentos Teórico-metodológicos.** Fortaleza: Editora UFC, 2019.

SEABRA, V. da S., VICENS, R. S., CRUZ, C.B.M. Conceito de Paisagem numa Perspectiva Geossistêmica. **Revista Ambientale** – UNEAL. Ano 4, v. 1, 2013.

SOBRAL, F.A.D. **Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatórios Artificiais de Hidrelétricas no Estado de São Paulo: análise do desenvolvimento da ferramenta em contribuição para a elaboração de Termo de Referência**. 2013. 186 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). São Paulo, 2013.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. Instituto de Geografia. Universidade de São Paulo, São Paulo: Ed. Lunar, 1977.

SOTCHAVA.V.B. **Introducción a la doctrina sobre los geosistemas (en ruso)**. Tradución José Manuel Mateo Rodriguez. Editorial Nauka, Filial de Siberia, Novosibirsk, 1978. p. 318

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TROLL, C. **Luftbildplan und ökologische Bodenforschung** (Aerial photography and ecological studies of the earth), Berlin: Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, p. 241-298, 1939.

TROLL, C. **A paisagem geográfica**. Hamburg: Stadium Generale, v.2, p. 163-181, 1950.