

UMA PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS GEOMORFOLÓGICOS DE BARRAGENS: A REALIDADE DA BARRAGEM SERRO AZUL

A PROPOSAL FOR EVALUATING THE GEOMORPHOLOGICAL IMPACTS OF DAMS: THE CONTEXT OF THE SERRO AZUL DAM

 Henrique Elias Pessoa Gutierrez ¹

 Osvaldo Girão ²

¹ Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brasil

² Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil

Resumo

As barragens possuem diversos objetivos e geram sérias intervenções no ambiente. A barragem Serro Azul foi concebida com o objetivo de controle de cheias na bacia hidrográfica do rio Una no estado de Pernambuco. Sendo assim, apresenta-se uma proposta metodológica voltada à abordagem da geomorfologia nos Estudos de Impacto Ambiental, através do uso dos instrumentos de auditoria para a análise e aplicação das recomendações que constam nos EIAs de barragens, compreendendo as etapas de elaboração do estudo, análise técnica e implementação (gestão). Os procedimentos adotados consistiram na revisão da literatura, pesquisa documental e trabalhos de campo. A proposta metodológica aponta a pouca ou ausência da gestão ambiental do empreendimento analisado durante a fase de operação, com ênfase na geomorfologia e na análise integrada com os outros componentes do meio físico, como também dos outros meios (biológico e antrópico). Os resultados apresentados podem contribuir com o aprimoramento da abordagem da geomorfologia nos EIAs, possibilitando uma melhor implementação das medidas mitigadoras e dos programas de monitoramento estabelecidos no licenciamento ambiental das barragens.

Palavras-chave: Barragens; Estudo de Impacto Ambiental; Geomorfologia.

Abstract

Dams fulfill multiple functions but often trigger substantial environmental impacts. The Serro Azul Dam, located in the Una River basin in Pernambuco State, Brazil, was constructed primarily for flood control. This paper proposes a methodological framework for integrating geomorphological analysis into Environmental Impact Study (EISs), employing auditing instruments to evaluate and apply the recommendations outlined in dam-related studies across their key phases: preparation, technical review, and management implementation. The methodology combined literature review, document analysis, and field surveys. Findings indicate limited or absent environmental management during the dam's operational phase, particularly regarding geomorphological processes and their integration with other components of the physical, biological, and anthropogenic environments. The results highlight the need to strengthen geomorphological considerations within EISs, promoting more effective implementation of mitigation measures and monitoring programs throughout the environmental licensing process of dams.

Keywords: Dams; Environmental Impact Study; Geomorphology.

Recebido em: 04/07/2024 | 05/11/2025

Correspondência para: Henrique Elias Pessoa Gutierrez (hepg86@hotmail.com)

INTRODUÇÃO

Segundo a Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 (que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens), barragem é “[...] qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas”. Chiossi (2013) cita os principais objetivos para a construção de uma barragem: aproveitamento hidrelétrico; regularização das vazões do curso d’água para fins de navegação; abastecimento doméstico e industrial de água; controle de inundações; e irrigação. Aquelas com o objetivo de controle de cheias, a sua construção, normalmente, acontece a





montante de uma cidade ou de uma área habitada, a fim de proteger as propriedades e vidas humanas a jusante da devastação das inundações.

Independentemente do tipo e do objetivo da barragem, estas estruturas geram sérias alterações no relevo no momento da construção, por meio de cortes, aterros, exploração de jazidas de materiais pétreos e terrosos, abertura de vias, impermeabilização do solo, retirada da cobertura vegetal e criação de novas dinâmicas processuais e morfologias. Portanto, o relevo é um dos fatores determinantes para a localização de uma barragem e do seu reservatório. Sendo assim, tais intervenções promovem adaptações dos processos geomorfológicos diante das intervenções humanas implementadas (RODRIGUES, 2000).

Dessa forma, em diversos países, a exemplo do Brasil, diante dos potenciais danos (ambientais, sociais e econômicos) que esse tipo de obra pode ocasionar, a adoção da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é essencial, pois é um instrumento que tem o “objetivo primário de prevenir a degradação ambiental e de subsidiar um processo decisório, para que as consequências sejam apreendidas antes mesmo de cada decisão ser tomada” (SÁNCHEZ, 2020). Para se iniciar a construção dessas grandes obras de engenharia, é necessário o licenciamento ambiental, com a consequente elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA).

De acordo com a Lei Complementar nº 140/2011, o licenciamento ambiental é o procedimento administrativo destinado a licenciar atividades ou empreendimentos utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental. É um dos instrumentos previstos na Lei da Política Nacional de Meio Ambiente (nº 6.938/81) e que se aplica às atividades de pessoas jurídicas (direito público e de direito privado) e de pessoas físicas.

O licenciamento é aplicado às mais diversas atividades. Para aquelas com significativo poder de degradação, é exigido o EIA e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. Esses documentos são um dos estudos abrangidos pela definição de “estudos ambientais” da Resolução CONAMA nº 237/97, como sendo “todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise da licença requerida”. Para Sánchez (2020), a AIA vem evoluindo e passando por modificações de acordo com os contextos culturais ou políticos de cada país, mas mantendo o “[...] objetivo primário de prevenir a degradação ambiental e de subsidiar um processo decisório, para que as consequências sejam apreendidas antes mesmo de cada decisão ser tomada”. Portanto, um instrumento analítico com o objetivo de entender as consequências dos impactos identificados, buscando a tomada de decisão a partir de tal conhecimento.

Logo, pensando na análise de como a geomorfologia vem sendo tratada nos EIAs de barragens, poucas publicações tratam da inserção e da abordagem aprofundada do relevo nos instrumentos de planejamento e gestão ambiental. Trabalhos como o de Panizza (1996), Ross (2000), Morris e Therivel (2001), Guerra e Marçal (2006) e Downs e Booth (2011) abordam a relação da geomorfologia com os EIAs numa perspectiva mais geral, sem aprofundar num determinado tipo de obra. Diante de uma ampla revisão da literatura, são escassos os trabalhos, no Brasil, que se proponham a analisar a abordagem da geomorfologia nos EIAs (RODRIGUES, 1997; ROSS, 2000; AKIOSSI, 2010; AGUIAR, 2015; MANTOVANI, 2015; GUTIERRES, 2019; GUTIERRES *et al.*, 2020). Dentro dessa perspectiva, é de suma importância a análise crítica sobre a aplicação e as contribuições dos conhecimentos geomorfológicos para os EIAs e a consequente aplicação na gestão ambiental das barragens, nas diversas etapas (planejamento, instalação e operação).



Gutierrez *et al.* (2020) identificaram, em EIAs protocolados no estado da Paraíba, de diversas tipologias de empreendimentos, o tratamento superficial da geomorfologia e a necessidade do aprofundamento dos conhecimentos e do aprimoramento dos procedimentos e das técnicas de campo, laboratório e gabinete, inerentes à geomorfologia, que precisam estar presentes nesses estudos. Sendo assim, existe a crescente necessidade de aprimorar as metodologias voltadas à elaboração dos estudos ambientais. O aprimoramento pode fazer uso de outros instrumentos de planejamento e de gestão ambiental, a exemplo da auditoria ambiental, que, através das suas ferramentas e técnicas de aplicação, possam ser adaptadas para a inserção dos conhecimentos geomorfológicos.

O presente artigo propõe apresentar e discutir uma proposta metodológica voltada à abordagem da geomorfologia nos EIAs, por meio do uso dos instrumentos de auditoria (Protocolo e *Checklist*) para a análise e aplicação das recomendações que constam nos EIAs de barragens, compreendendo as etapas de elaboração do estudo, análise técnica e implementação (gestão).

Para isso, a barragem Serro Azul, localizada no município de Palmares - PE, foi utilizada como área de estudo para a estruturação da proposta metodológica, já que é a única que foi concluída, até outubro de 2025, de um total de cinco barragens que compõem o Sistema de Contenção de Enchentes da Bacia Hidrográfica do rio Una, de iniciativa do Governo do estado de Pernambuco. Esse sistema foi lançado após as enchentes ocorridas nos dias 17, 18 e 19 de junho de 2010, ao longo dos rios Una, Sirinhaém, Pirangi, Mundaú e Canhoto, que atingiram 68 municípios. Esse evento acarretou 14.136 casas destruídas ou danificadas, 20 mortos, 26.966 desabrigados e 55.643 desalojados. No ano seguinte, a Mata Sul pernambucana foi atingida pelas chuvas caídas em 3 de maio de 2011, que afetaram 56 municípios, dos quais 26 decretaram situação de emergência, e nove, de calamidade pública, atingindo mais de 15 mil famílias.

Foram elaborados modelos de Protocolo voltados para a atividade de “elaboração do EIA” que, quando de uso geral, tal instrumento tem o objetivo de definir os critérios que devem ser atendidos visando a sistematização dos dados e informações geradas na Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) (IBAMA, 2016). Além disso, foi elaborado um modelo de Lista de Verificação para a análise de conteúdo geomorfológico dos EIAs, na etapa de análise técnica, associando a avaliação das conformidades e não conformidades (e o NA – não se aplica), com os conceitos de avaliação, de Lee e Colley (1992). Tais produtos foram elaborados a partir de dois estudos de caso de barragens, de acordo com a pesquisa de Gutierrez (2019).

Além da barragem objeto deste artigo, a barragem de Igarapeba, no município pernambucano de São Benedito do Sul, também serviu de referência para elaboração e aplicação, sendo restritas as fases de planejamento e implantação, já que a obra não foi concluída e encontra-se paralisada.

Logo, considerando a possibilidade de automação da proposta apresentada em softwares de planilhas eletrônicas, que podem ser trabalhadas no gabinete e no campo (celular, tablet, notebook etc.), os resultados apresentados visam contribuir para a atuação dos consultores ambientais que elaboram os EIAs, dos analistas dos órgãos ambientais licenciadores responsáveis pelos Termos de Referência e pela análise dos EIAs e, por fim, os profissionais responsáveis pela gestão ambiental dos empreendimentos, que devem utilizar as recomendações do estudo durante as etapas que compõem o licenciamento ambiental em seu formato trifásico (planejamento, instalação e operação).



REVISÃO TEÓRICA

São diversos os pesquisadores brasileiros e estrangeiros que vêm se debruçando sobre a avaliação crítica dos EIAs elaborados, como forma de demonstrar a real efetividade nas realidades analisadas. A qualidade dos estudos de impacto ambiental pode ser avaliada em função dos critérios de efetividade, eficiência e imparcialidade (CANADIAN ENVIRONMENTAL ASSESSMENT RESEARCH COUNCIL, 1988 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1999). Na literatura internacional, destacam-se alguns modelos voltados para a análise da qualidade dos EIAs: *EIS Review Checklist* (EISRC) (EUROPEAN COMMISSION, 2001); *Lee and Colley Review Package* (LCRP) (LEE; COLLEY, 1992); *Environmental Impact Statement Review Package* (EISRP) (GLASSON; THERIVEL; CHADWICK, 1999).

Desses modelos, a partir de levantamento da aplicação de modelos de análise de qualidade de estudos ambientais realizado por Veronez (2018), a autora indica Lee e Colley (1992) como um dos mais usados na literatura científica internacional, que visa abordar o fortalecimento do controle da qualidade no processo de AIA, por meio de uma revisão sistemática dos EIAs.

Diante dos diversos conhecimentos que integram a estrutura desses estudos, Downs e Booth (2011) consideram a geomorfologia como parte da base científica da gestão ambiental, existindo uma preocupação com a geomorfologia aplicada, que enfatiza os processos geomorfológicos e as modificações processuais e consequentes formas de relevo resultantes da influência das atividades antrópicas. Achkar *et al.* (2011) explicam que a geomorfologia aplicada está diretamente ligada ao planejamento ambiental do território, sendo algo favorável para os trabalhos aplicados. Dentro do trabalho geomorfológico, é necessária uma abordagem holística e integrada que incorpore as interações entre todos os componentes ambientais, incluindo as ações humanas (HOOKE, 1988; HOOKE, 1999; GIRÃO E CORRÊA, 2004; MEITZEN *et al.*, 2013).

Thoms *et al.* (2018) argumentam que a geomorfologia tem uma longa história de troca intelectual com muitas disciplinas, em que os processos geomórficos ocorrem em paralelo aos sistemas ecológicos (abiótico e biótico) e social, com os três sistemas operando em escalas espaciais e temporais, influenciando e sendo influenciados um pelo outro.

Em se tratando de barragens, o ramo da geomorfologia fluvial se destaca e tem como uma de suas missões estudar as mudanças de fisionomia dos rios e dos canais ao longo da história, ora por fatores naturais, ora por ação humana, ou a combinação desses (GRAF, 2005; REMO *et al.*, 2018). Entende-se que o relevo é um recurso para os empreendimentos do tipo barragens, mas também pode se constituir em risco, a partir do momento que contribui para o desenvolvimento de processos modeladores da superfície terrestre (processos criados e processos induzidos), que ocasionam o transporte de materiais que podem afetar a vida útil da barragem, bem como em riscos para as comunidades próximas.

Sendo assim, os conhecimentos geomorfológicos compõem os Estudos de Impacto Ambiental em suas diversas atividades técnicas (diagnóstico ambiental, avaliação dos impactos, medidas mitigadoras, programas ambientais, entre outras), que visam apresentar deveres e recomendações a serem adotadas pelo empreendedor. Então, a auditoria surge como um dos instrumentos possíveis de serem aplicados na análise da qualidade e eficiência na aplicabilidade das recomendações dos EIAs para os riscos geomorfológicos.



Glasson *et al.* (1999) estabelecem que a auditoria encontra-se totalmente relacionada ao monitoramento, por permitir a comparação dos resultados reais com os previstos e pode ser utilizada para avaliar a qualidade das previsões e a eficácia da mitigação. Para Htun (1988), a incorporação do monitoramento e da auditoria ao processo de AIA são requisitos importantes, pois não apenas fortalecerá, mas também possibilitará o uso de vários procedimentos, técnicas e metodologias voltadas para a identificação, previsão e avaliação a serem melhoradas, o que resultará na melhoria da utilidade do EIA. Posição similar é defendida por Glasson *et al.* (1999), que acreditam que a AIA não deve parar na decisão, mas deve ser um meio de obter uma boa gestão ambiental ao longo da vida útil do projeto.

As Listas de Verificação vêm sendo mundialmente utilizadas, principalmente voltadas à elaboração e à avaliação da qualidade dos estudos de impacto. Ao nível internacional, algumas listas têm se destacado, a exemplo de Hickie e Wade (1998), Lee e Colley (1999), de Glasson, Therivel e Chadwick (1999) e o Guia da Comissão Europeia (2001). Na realidade brasileira, tomando como referência as anteriormente citadas, Pinho *et al.* (2007), Montaña *et al.* (2014) e Sánchez (2020) são exemplos de listas com esse propósito. Segundo Fonseca *et al.* (2020), que trataram dos méritos da adoção de métodos padronizados para predição e avaliação de impactos significativos, os autores argumentam que, impulsionado pelas expectativas de eficiência administrativa, modernização e efetividade, as agências de alto nível do governo federal brasileiro (IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e o ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) tomaram iniciativas voltadas para a padronização de métodos para prever impactos e avaliar a significância.

No tocante à auditoria de Estudo de Impacto Ambiental, destacam-se as publicações clássicas de Munro *et al.* (1986), Htun (1988), Sadler (1989), Bailey e Hobbs (1990), Davies e Sadler (1990), Culhane (1993) e Frost (1997). A “auditoria de EIA”, nas palavras de Sadler (1989), está diretamente associada ao monitoramento dos impactos e às medidas mitigadoras indicadas. Para Bisset e Tomlinson (1988, p. 117), esse tipo de auditoria tem o objetivo de “[...] descrever o processo de comparação dos impactos previstos em um EIA com os que realmente ocorrem após a implementação, a fim de avaliar se o processo de previsão de impactos apresenta desempenho satisfatório”. Portanto, a adoção desses instrumentos pode contemplar qualquer um dos componentes ambientais inerentes às diversas tipologias de obra, incluindo a geomorfologia, em qualquer uma das fases do empreendimento (planejamento, instalação, operação e desativação).

METODOLOGIA

O artigo pauta-se numa pesquisa qualitativa-descritiva desenvolvida por Gutierrez (2019), com o objetivo de detalhar um problema a ser investigado, permitindo uma melhor compreensão dele. Para a realização do artigo, os procedimentos técnicos adotados foram: revisão da literatura (livros e artigos científicos, principalmente), contemplando a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), auditoria ambiental e a inserção da geomorfologia na avaliação dos impactos ambientais das barragens. Outro procedimento foi o levantamento e a pesquisa documental (a exemplo do EIA da barragem Serro Azul) e pesquisa de campo (visitas *in loco* – pesquisa de campo de reconhecimento para observação da área de estudo, registros fotográficos terrestres e captados por drone, caderneta de campo etc.).



Os Protocolos e as Listas de Verificação foram elaborados considerando os seguintes critérios: as três fases inerentes ao projeto de uma barragem - planejamento (etapa de aprovação da localização e concepção sem iniciar a construção), instalação (momento de execução das obras) e operação (etapa de funcionamento da barragem) e os três meios contemplados nos EIAs (meio físico, biológico e antrópico), segundo Brasil (1986) (quadro 1).

Quadro 1 – Modelo de Protocolo para a abordagem geomorfológica na elaboração de EIA de barragem.

FASE: PLANEJAMENTO ou INSTALAÇÃO ou OPERAÇÃO		
MEIO: FÍSICO ou BIOLÓGICO ou ANTRÓPICO		
Orientação	Procedimentos	Observações

Fonte: Autores, 2025.

Buscou-se tratar a geomorfologia por meio da análise integrada em relação aos componentes dos três meios citados, como também considerando os três “compartimentos” (montante, reservatório e jusante) que envolvem a realidade de uma barragem (CUNHA, 1995). A operação implica em impactos a montante, decorrentes do enchimento do reservatório, afetando o rio e seus tributários. A área do reservatório, como aquela com a maior quantidade de impactos diretos. Por fim, o leito do rio a jusante do barramento, que é impactado, dentre outros aspectos, pela liberação das diferentes vazões e as mudanças no transporte da carga sedimentar decorrente do controle da vazão do rio. Na primeira coluna do quadro 1, indica-se a “orientação” do que deve ser verificado, seguida da coluna “procedimentos” a serem adotados para a realização da atividade proposta e a coluna “observações”, que é de livre preenchimento para cada item.

No tocante ao modelo de lista de verificação para análise de conteúdo geomorfológico dos EIAs, a escolha dos temas e o embasamento para a elaboração dos quesitos se deu através da revisão da literatura, especialmente da geomorfologia, de barragens e de AIA; na legislação pertinente (Resoluções CONAMA nº 01/1986 e nº 237/97; Leis Federais nº 12.334/2010 e nº 12.651/2012); da análise de EIAs de barragem; e da base empírica resultante dos trabalhos de campo desenvolvidos na barragem Serro Azul (agosto/2017, dezembro/2017, abril/2018, agosto/2018, abril/2019 e outubro/2019), tendo o primeiro campo acontecido logo após o enchimento do reservatório (que ocorreu no final do primeiro semestre de 2017).

As atividades de campo consistiram em caminhamentos para a verificação das feições geomorfológicas, o uso de caderneta de campo e check list, registros fotográficos terrestres e de drone, entrevistas informais com os moradores do distrito de Serro Azul, identificação e monitoramento de processos erosivos acelerados (trenas analógica e a laser, estaqueamento, GPS, uso de equipamentos e validação de dados cartográficos).

A partir das diferentes formas de ocupação e dos usos para a construção e a operação da barragem, correlacionaram os quesitos aos temas geomorfológicos principais, que estão diretamente relacionados à realidade de uma barragem (“processos e dinâmica geomorfológica”, “impactos geomorfológicos”, “mapeamento”, “geodiversidade e etnogeomorfologia”, “geomorfologia fluvial”, “legislação aplicada à geomorfologia”, “geomorfologia e ecologia”, “dinâmica geomorfológica e atividades econômicas”). Diante da proposta metodológica em focar nas atividades de “elaboração”, “análise técnica” e



“implementação/gestão”, compreende-se que a proposta apresentada encontra sintonia com os resultados do IBAMA (2016).

A estruturação das colunas foi baseada em La Rovere (2011), que entende que uma Lista de Verificação é um questionário de “sim” e “não” (além do “NA” – não se aplica), estruturada para incorporar todas as questões relevantes (Quadro 2). A estruturação assimila a lógica dos modelos de Lista de Verificação (Checklist), abrangendo as fases do empreendimento, os meios das atividades técnicas e a ação/atividade analisada. O preenchimento se dá por meio do “Sim”, “Não” e “Não se aplica – NA”, sendo acrescentado um campo de “observação”.

Quadro 2 – Modelo de Lista de Verificação para análise de conteúdo geomorfológico dos EIAs de barragens na etapa de “análise técnica”

FASE: PLANEJAMENTO ou INSTALAÇÃO ou OPERAÇÃO					
MEIO: FÍSICO ou BIOLÓGICO ou ANTRÓPICO	SIM	NÃO	NA	Conceito de Avaliação (Lee e Colley – 1992)	Obs.
TEMA GEOMORFOLÓGICO					
QUESITO					

Fonte: Autores, 2025.

E, como fruto da proposta apresentada neste trabalho, foi inserida uma coluna intitulada “Conceito de avaliação”, a partir do que foi proposto por Lee e Colley (1992), conforme a classificação descrita no Quadro 3.

Quadro 3 – Conceitos de avaliação – *Lee and Colley Review Package*

Conceito	Critério
A	Bem realizado, nenhuma tarefa importante incompleta
B	Geralmente satisfatório e completo, apenas omissões menores e poucos pontos inadequados
C	Satisfatório, apesar de omissões ou pontos inadequados
D	Contém partes satisfatórias, mas o conjunto é considerado insatisfatório devido a omissões importantes ou pontos inadequados
E	Insatisfatório, omissões ou pontos inadequados significativos
F	Muito insatisfatório, tarefas importantes desempenhadas de modo inadequado ou deixadas de lado
NA	Não aplicável. O tópico não é aplicável ou irrelevante para o contexto

Fonte: Lee e Colley (1992, p. 53, parte B, tradução VERONEZ, 2018). Org.: autores.

A escala de *Lee and Colley Review Package* constitui um instrumento de controle da qualidade no processo de AIA (LEE E COLLEY, 1992). Alguns estudos sobre a qualidade de EIAs vêm utilizando ou adaptando o procedimento de análise de Lee e Colley (1992), a exemplo de Sandham e Pretorius (2010), Kabir e Momtaz (2012) e Sandham et al. (2013).

Numa última etapa, propõem-se listas de verificação para o acompanhamento das atividades de gestão previstas nos EIAs, com o objetivo de avaliar o grau de implementação das ações de cada item. Para isso, foram utilizadas as terminologias da classificação



(“Plenamente cumprida ou implementada”; “Em cumprimento ou em implementação”; “Parcialmente cumprida/Parcialmente implementada”; “Não cumprida/não implementada”; “Não aplicável”) com base em (BRASIL/TCU, 2009 – Portaria SEGECEX 27/10/2009).

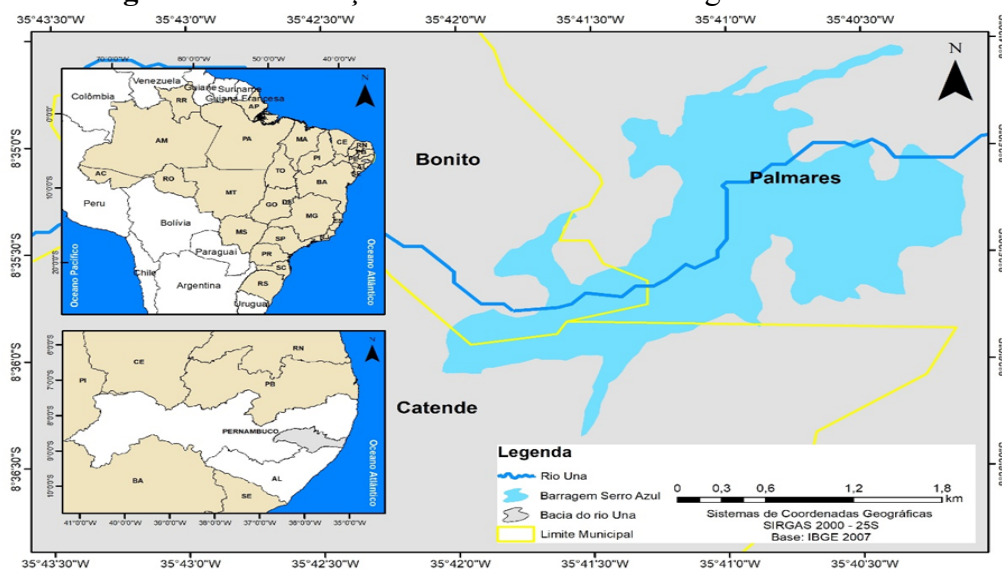
Por fim, apresenta-se um modelo de tabela visando a quantificação e sistematização dos dados obtidos com a aplicação da lista, a partir dos quesitos da “análise técnica” nas fases de planejamento, instalação e operação.

Área de Estudo

O EIA da barragem Serro Azul (figura 01), que data de novembro de 2011, foi exigido pela Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH) e elaborado pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP/OS, 2011). É uma das barragens que integra o Sistema de Controle de Enchentes na Bacia Hidrográfica do Rio Una, proposto pelo governo estadual, após as enchentes ocorridas em junho de 2010 na região da mata sul pernambucana.

O município de Palmares é um dos 24 municípios que compõem a Região de Desenvolvimento Mata Sul de Pernambuco, situada na porção sudeste do estado. Está localizado na mesorregião da Mata Sul e microrregião da Mata Meridional. A sede municipal está a uma altitude aproximada de 108 metros, com coordenadas geográficas de 08° 41' 00" de latitude sul e 35° 35' 30" de longitude oeste, distando 119 km da capital, cujo acesso é feito pela rodovia BR-101. De acordo com o Censo Demográfico do IBGE (2022), Palmares apresenta uma população de 54.584 habitantes, em uma área municipal total de 339,388 km², resultando numa densidade demográfica de 160,82 hab/km².

Figura 1 - Localização do reservatório da barragem Serro Azul.



Fonte: Gutierrez et al. (2023).

Geologicamente, o município encontra-se inserido na Província Borborema, com a presença de litotipos dos complexos Cabrobó e Belém do São Francisco, além das Suítes Intrusiva Leucocrática Peraluminosa e Calcicalcina de Médio a Alto Potássio Itaporanga (CPRM, 2005). O relevo compreende as Superfícies Retrabalhadas, constituída por áreas que têm passado por intenso retrabalhamento, com relevo colinoso (figura 2). O relevo descrito encontra-se associado aos Latossolos (nos topos planos), Argissolos nas vertentes íngremes e



os Gleissolos, compreendendo solos orgânicos e encharcados, presentes nos fundos de vales estreitos.

Figura 2 - Relevo colinoso à montante da área da barragem Serro Azul.



Fonte: Autores, dezembro de 2017.

Os componentes do meio físico descritos estão sujeitos a um clima tropical chuvoso, tendo registrado, nos anos das atividades de campo, os totais anuais de 1782 mm (2017), 1292 mm (2018) e 1562 mm (2019), segundo dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC. Sendo os meses entre abril e julho os de maior precipitação, e os meses de outubro e novembro como os menos chuvosos, segundo dados da APAC (2024). Levando em conta que junho e julho são os meses de maior precipitação na faixa oriental de Pernambuco (GIRÃO et al., 2013), os dados oficiais revelam alguns anos com maiores volumes de chuva nos meses de inverno, enquanto em outros apresenta-se uma tendência de antecipação nos meses de outono (GUTIERRES et al., 2023).

A precipitação é um elemento climático de grande relevância na mata sul pernambucana, pois é a região mais chuvosa do estado. Além disso, a barragem e seu reservatório possuem relação direta com o regime de precipitação, já que a sua operação e o total de chuvas impactam as áreas a montante e a jusante, a exemplo da liberação das vazões, erosividade das chuvas, ocorrência de processos de dinâmica superficial (inundações, erosões, movimentos de massa e assoreamento). Cenários que se relacionam com a proposta a ser apresentada neste artigo, que privilegiam a interdependência estabelecida entre as condicionantes naturais e os aspectos relacionados à tipologia da obra.

A rede hidrográfica do município encontra-se no domínio da Bacia Hidrográfica do Rio Una, tendo o rio Pirangi como um dos principais tributários. A barragem Serro Azul encontra-se no médio curso do rio Una. Os cursos-d'água apresentam um regime de escoamento perene (fluxo constante e contínuo de água) e um padrão de drenagem dendrítico – rio principal que recebe afluentes e subafluentes, formando uma estrutura ramificada (CPRM, 2005).

A vegetação se caracteriza por uma Floresta Subperenifólia, com algumas presenças de Floresta Hipoxerófila, que se constitui numa informação pertinente para o entendimento da vegetação natural na área, bem como as ações de recuperação das áreas degradadas, especialmente as margens do reservatório e do rio Una. Como também a relação da vegetação com os processos geomorfológicos. Logo, os componentes do meio físico são essenciais,



visto que usos e ocupações em áreas geomorfológicamente inapropriadas geram situações de fragilidade e instabilidade morfodinâmica.

RESULTADOS

Para uma melhor descrição e compreensão da proposta, procede-se a uma abordagem por fases do empreendimento.

Auditoria dos quesitos de geomorfologia na análise técnica do EIA

Fase: Planejamento

A fase de “Planejamento”, momento em que os aspectos de viabilidade locacional, tecnológica e outros requisitos são contemplados, busca entender as restrições e as possibilidades de uso da área a ser implantado o empreendimento (SÁNCHEZ, 2020). Já nessa fase, a análise integrada é essencial, buscando correlacionar a geomorfologia aos outros componentes do meio físico, bem como em relação aos componentes elencados no meio biótico e no meio socioeconômico (GUTIERRES, 2019), de modo a orientar um melhor uso e uma melhor ocupação da área do empreendimento.

O embasamento para a escolha dos temas e a elaboração dos quesitos se deu a partir da análise e coleta de dados nos EIAs das barragens de Serro Azul e Igarapeba (GUTIERRES, 2019), literatura científica (AIA, barragens e geomorfologia), IBAMA (2016), legislação ambiental; e da base empírica resultante dos trabalhos de campo desenvolvidos nas duas barragens.

No modelo de Protocolo (elaboração) e da Lista de Verificação (análise) da fase de planejamento, foram elaborados vinte e cinco quesitos, sendo quinze para o “Meio Físico” (60%), seis para o “Meio Biológico” (24%) e quatro para o “Meio Antrópico” (16%), conforme apresentado no quadro 4.

Quadro 4 – Quantidade dos quesitos por fase e meios relacionados à geomorfologia

FASE: PLANEJAMENTO		
Meio Físico	Meio Biológico	Meio Antrópico
15	6	4
FASE: INSTALAÇÃO		
Meio Físico	Meio Biológico	Meio Antrópico
23	1	2
FASE: OPERAÇÃO		
Meio Físico	Meio Biológico	Meio Antrópico
23	5	6

Fonte: Autores, 2025.

Para o meio físico, foram contemplados quinze quesitos nos seguintes temas geomorfológicos: “processos e dinâmica geomorfológica”, “impactos geomorfológicos”, “mapeamento”, “geodiversidade e etnogeomorfologia” e “legislação aplicada à geomorfologia” (quadro 5). A maior parte, oito, compreende o tema “processos e dinâmica geomorfológica”, sendo algo inerente às barragens, seguido pelos “impactos geomorfológicos”, “mapeamento” e pela “geodiversidade e etnogeomorfologia”, cada um



com dois quesitos. Finalmente, o tema “legislação aplicada à geomorfologia” registrou um quesito.

Para o meio biológico, foram elaborados seis quesitos, compreendendo quatro temas, com dois não contemplados no meio físico: “geomorfologia fluvial” e “geomorfologia e ecologia”. Dois enquadrados no tema “mapeamento” e os outros dois em “geomorfologia e ecologia”, enquanto os outros dois temas (“legislação aplicada à geomorfologia” e “geomorfologia fluvial”) apresentaram um quesito cada.

O meio antrópico teve quatro quesitos elencados, sendo dois para o tema “geodiversidade e etnogeomorfologia” e dois para “impactos geomorfológicos”. Em se tratando da etapa de planejamento, os quesitos do meio antrópico trataram das expectativas sociais com relação ao projeto e às consequências no uso dos ambientes naturais (processos geomorfológicos, desmatamento e alterações na morfologia) das atividades econômicas e sociais na região.

Ashmore (2015) propõe uma abordagem sociogeomórfica de rios, em que a morfologia é explicada por meio da coevolução dos sistemas social e natural. O autor salienta que, em muitas publicações da área, as definições e o escopo da geomorfologia não contêm essencialmente nada do papel dos processos sociopolíticos como elemento da geomorfologia contemporânea, especialmente os impactos antrópicos nas paisagens e o reconhecimento das formas de relevo construídas por seres humanos. Também pode se conectar a enquadramentos mais atuais da geomorfologia, como a “etnogeomorfologia”, recentemente proposta por Wilcock *et al.* (2013).

A adoção de elementos dessa abordagem “mais social”, no caso da geomorfologia fluvial, permite explicações da morfologia fluvial por meio de uma visão mais crítica. É o caso de considerar que as comunidades locais deveriam participar da etapa de elaboração do Termo de Referência do EIA, sendo o conteúdo que norteia a elaboração desse tipo de estudo, quando define os assuntos, as metodologias e outros aspectos (SÁNCHEZ, 2020). Em se tratando da geomorfologia, deveriam ser contemplados os aspectos relacionados à etnogeomorfologia, de modo a contemplar as percepções, preocupações e conhecimentos daqueles que vivenciam diariamente o ambiente a ser impactado.

As principais omissões identificadas estão relacionadas a um maior detalhamento das áreas de bota fora, classificadas em “recomendadas” e “não recomendadas” (PMF1). O critério PMF3 teve uma classificação pior, já que carece de uma avaliação minuciosa das áreas suscetíveis aos processos erosivos na bacia de drenagem.

Quadro 5 - Auditoria geomorfológica do EIA da barragem Serro Azul a partir dos quesitos da análise técnica na fase de planejamento.

FASE: PLANEJAMENTO					
MEIO FÍSICO	SIM	NÃO	NA	Conceito de Avaliação (Lee e Colley – 1992)	Obs.
PROCESSOS E DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA					
A dinâmica geomorfológica foi considerada como um dos parâmetros para a definição das áreas de bota-fora da obra, a serem utilizadas durante a obra, tendo sido indicadas e delimitadas as áreas recomendadas e não recomendadas? (PMF1)	X			C	
A geomorfologia foi considerada como um dos fatores ambientais para a definição das alternativas locais para a barragem? (PMF2)	X			A	
Foi avaliado o grau de suscetibilidade à erosão da(s) bacia(s) de drenagem e indicado o potencial da geomorfologia para transferir os sedimentos aos corpos d'água? (PMF3)	X			E	
Foram identificados os processos erosivos nas áreas a montante e a jusante do reservatório? (PMF4)	X			A	
Foi realizada a delimitação simulada dos trechos das margens do futuro reservatório, tendo sido analisada a dinâmica das áreas, destacando a suscetibilidade para ocorrência dos processos erosivos e os cenários da sua evolução? (PMF5)		X		F	NC
Foram identificadas as áreas degradadas por processos erosivos, tendo sido estabelecidos os percentuais para os processos ativos, estabilizados/em processo de estabilização, bem como a apresentação da densidade de feições erosivas/km²? (PMF6)		X		F	NC



Foram identificadas as áreas degradadas por movimentos de massa, tendo sido estabelecidos os percentuais para os processos ativos e estabilizados/em processo de estabilização, bem como a apresentação da densidade de movimentos de massa/km ² ? (PMF7)		X		F	NC
Foi identificada e avaliada a existência de depósitos de assoreamento nos cursos d'água principais, associando à configuração e à dinâmica geomorfológica, a partir de um viés histórico? (PMF8)		X		D	
IMPACTOS GEOMORFOLÓGICOS					
Foi realizada a identificação e a análise dos possíveis impactos geomorfológicos decorrentes da "abertura de acessos", na fase de projeto? (PMF9)		X		E	
Há a identificação e a análise dos impactos geomorfológicos decorrentes da "execução de sondagens" na fase de projeto? (PMF10)		X		F	NC
MAPEAMENTO					
Foram elaborados os mapeamentos referentes aos solos, uso e ocupação da terra, drenagem e estrutura fundiária, correlacionando à geomorfologia da área, a partir da delimitação da ADA e da AID? (PMF11)	X			B	
Foi realizado o mapeamento hidrográfico da área do empreendimento e a simulação de eventos de cheia no rio principal, para fins de planejamento das áreas sujeitas à supressão da vegetação e/ou aterramento de cursos d'água ou nascentes? (PMF12)		X		F	NC
GEODIVERSIDADE E ETNOGEOMORFOLOGIA					
Foi apresentada a avaliação das áreas de beleza cênica, a partir do critério da geodiversidade, na Área Diretamente Afetada (ADA) e na Área de Influência Direta (AID), antes do início da obra e após o enchimento do reservatório, por meio da espacialização e quantificação de possíveis perdas? (PMF13)		X		F	NC
Foi apresentada a avaliação das áreas de importância geomorfológica para os serviços ecossistêmicos, na situação atual (antes do início da obra) e após o enchimento do reservatório, por meio da espacialização e quantificação de possíveis perdas? (PMF14)		X		F	NC
LEGISLAÇÃO APLICADA À GEOMORFOLOGIA					
As restrições legais de cunho geomorfológico foram identificadas e verificadas para fins de construção e da operação da barragem, tendo como referência as alternativas locais e as suas Áreas Diretamente Afetadas (ADAs) apresentadas? (PMF15)		X		F	NC
MEIO BIOLÓGICO	SIM	NÃO	NA	Conceito de Avaliação	Obs.
MAPEAMENTO					
Foram apresentados o mapeamento e a quantificação percentual da vegetação existente antes do início da obra e a perda da vegetação decorrente do enchimento do reservatório, classificada como Área de Preservação Permanente (APP), decorrente do enquadramento geomorfológico? (PMB1)		X		F	NC
Foi apresentado um mapeamento, correlacionando a distribuição da cobertura vegetal e as unidades geomorfológicas? (PMB2)		X		F	NC
LEGISLAÇÃO APLICADA À GEOMORFOLOGIA					
Foi verificada a existência de fragmentos de florestas nativas na área, a partir da correlação das limitações geomorfológicas legais e/ou de uso antrópico? (PMB3)		X		E	NC
GEOMORFOLOGIA E ECOLOGIA					
Foram identificados e apresentados possíveis locais de refúgio da fauna terrestre, a partir das unidades geomorfológicas e da cobertura vegetal? (PMB4)		X		F	NC
Foram avaliadas se as alterações morfológicas, decorrentes do projeto, irão favorecer o estabelecimento de vegetação específica com a fauna associada? (PMB5)		X		F	NC
GEOMORFOLOGIA FLUVIAL					
Foram apresentados os níveis de influência do relevo na composição da icnofauna presente na região, especialmente na distribuição longitudinal das espécies? (PMB6)		X		F	
MEIO ANTRÓPICO	SIM	NÃO	NA	Conceito de Avaliação	Obs.
GEODIVERSIDADE E ETNOGEOMORFOLOGIA					
Foram obtidas as percepções, preocupações e conhecimentos geomorfológicos da população, que vivencia o ambiente (etnogeomorfologia) e será afetada pela obra, a respeito dos processos geomorfológicos que ocorrem na área, visando um melhor manejo geomorfológico durante as fases de construção e de operação da barragem? (PMA1)		X		F	NC
Foram identificadas e avaliadas as atividades econômicas, de lazer (e outras), que tenham relação com a geodiversidade local identificada? (PMA2)		X		F	NC
IMPACTOS GEOMORFOLÓGICOS					
Foram estabelecidos os impactos geomorfológicos de lavras clandestinas na área da bacia hidráulica e no entorno, decorrentes da ocorrência de expectativas sociais com o futuro projeto? (PMA3)		X		F	NC
Foram identificados os possíveis impactos geomorfológicos por conta do incremento do desmatamento, diante das expectativas sociais, especialmente na área do futuro reservatório, resultando em possíveis alterações na morfologia? (PMA4)		X		F	NC

Legenda: PMF – Planejamento Meio Físico; PMB – Planejamento Meio Biológico; PMA – Planejamento Meio Antrópico. NA: Não se aplica; NC – não contemplado no EIA

Fonte: Autores, 2025.

Em relação às conformidades e não conformidades da totalidade dos quesitos, o “não” prevaleceu em 80% da totalidade dos quesitos dos três meios (tabela 1). Já em relação a cada um dos meios, o físico totalizou 66,7% de não conformidades, o biológico e o antrópico apresentaram 100% dos quesitos aplicados que não foram atendidos. Nos conceitos de



avaliação (A, B ou C), só quatro quesitos foram assim enquadrados, todos do meio físico. O que representou um total de 16%.

Tabela 1 - Quantificação dos resultados obtidos com a aplicação da auditoria geomorfológica do EIA da barragem Serro Azul a partir dos quesitos da análise técnica na fase de planejamento

PARÂMETROS	TOTAL DE QUESITOS	SIM	NÃO	NA	A	B	C	D	E	F	A+B+C	D+E+F	TOTAL *
Absoluto (Abs.)	25	5	20	0	2	1	1	1	3	17	4	21	25
Percentual (%)	100%	20%	80%	0%	8%	4%	4%	4%	12%	68%	16%	84%	100%
Meio Físico (Abs.)	15	5	10	0	2	1	1	1	2	8	4	11	15
Meio Físico (%)	60%	33,3%	66,7%	0%	13,3%	6,7%	6,7%	6,7%	13,3%	53,3%	26,7%	73,3%	100%
Meio Biológico (Abs.)	6	0	6	0	0	0	0	0	1	5	0	6	6
Meio Biológico (%)	24%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	21,1%	78,9%	0%	100%	100%
Meio Antrópico (Abs.)	4	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	4	4
Meio Antrópico (%)	16%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	100%	100%

Legenda: S: sim; N: não; NA: não se aplica.

Fonte: Autores, 2025.

Conceitos de avaliação (A, B, C, D, E e F) – Lee e Colley (1992).

*Excluídos os quesitos classificados como NA.

Enquanto para os outros três conceitos (D+E+F) o índice chegou a 84%. Já os valores em cada meio, o físico apresentou 73,3% dos quesitos avaliados como D, E ou F, enquanto o biológico e o antrópico totalizaram 100% de quesitos avaliados com tais conceitos. O que demonstra um caráter insatisfatório para a maioria dos itens avaliados do EIA para a etapa de planejamento e a necessidade de melhorias no estudo ambiental apresentado. Logo, aqueles com notas C, D e E deveriam ser melhorados para serem classificados como A ou B (VERONEZ, 2018).

Fase: Instalação

Nos modelos de Protocolo (elaboração) e da Lista de Verificação (análise) da fase de instalação, foram elaborados 23 quesitos para o “Meio Físico” (88,5%), um para o “Meio Biológico” (7,7%) e dois para o “Meio Antrópico” (3,8%), sendo uma etapa com muitos reflexos para a geomorfologia da área do empreendimento (quadro 4).

Para o meio físico, os quesitos foram enquadrados nos seguintes temas: “processos e dinâmica geomorfológica”, “impactos geomorfológicos”, “mapeamento”, “geodiversidade e etnogeomorfologia” e “geomorfologia fluvial” (quadro 6). A maioria foi enquadrada no tema “processos e dinâmica geomorfológica”, num total de dezoito quesitos. No meio biológico, apenas um quesito foi inserido, enquadrando-o no tema “geomorfologia e ecologia”, para tratar dos efeitos do possível aumento de sedimentos, a jusante da obra, para a fauna e a flora, já que a movimentação de terra e outras atividades durante a construção da barragem constituem fontes de sedimentos, caso não sejam tomadas as medidas para minimização.

Portanto, demonstra-se como a dinâmica geomorfológica estabelece relações com a flora e a fauna de uma determinada área. No meio antrópico, somente dois quesitos são



apresentados: um relacionado ao tema “dinâmica geomorfológica e atividades econômicas” e outro enquadrado no tema “impactos geomorfológicos”.

Quadro 6 - Auditoria geomorfológica do EIA da barragem Serro Azul a partir dos quesitos da análise técnica na fase de instalação.

FASE: INSTALAÇÃO					
MEIO FÍSICO	SI M	NÃ O	NA	Conceito de Avaliação (Lee e Colley – 1992)	Obs.
IMPACTOS GEOMORFOLÓGICOS					
Foram identificadas e avaliadas as possíveis influências de outras construções (exceto a barragem) impactantes para a geomorfologia local? (IMF1)		X		E	
GEOMORFOLOGIA FLUVIAL					
Foram identificadas e avaliadas as consequências para a geomorfologia fluvial do curso d'água a ser barrado, decorrentes das obras de desvio do rio durante a fase de construção? (IMF2)		X		E	
Houve a avaliação do grau de suscetibilidade de possíveis alterações na morfologia terrestre e/ou fluvial decorrentes da retirada de materiais pétreos/terrosos, da(s) área(s) de empréstimo(s)? (IMF3)		X		D	
PROCESSOS E DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA					
Verifica-se a avaliação e a análise dos processos geomorfológicos pertinentes à execução da construção da barragem auxiliar? (IMF4)	X			B	
Verifica-se a avaliação e a análise dos processos geomorfológicos pertinentes à execução da construção da barragem principal? (IMF5)	X			B	
Foram indicadas e avaliadas as áreas mais suscetíveis à deflagração de processos geomorfológicos, durante a construção, a partir da relação espaço-temporal entre os elementos climáticos e a geomorfologia? (IMF6)	X			B	
Foram indicadas e avaliadas as áreas mais suscetíveis à deflagração de processos geomorfológicos, durante a construção, a partir da relação entre os elementos geológicos e a geomorfologia? (IMF7)	X			B	
Houve a identificação e a análise da suscetibilidade aos processos da dinâmica superficial por um foco geomorfológico, a partir dos tipos de solos e dos resultados da análise granulométrica? (IMF8)	X			A	
Foram avaliadas as possíveis influências da hidrogeologia na ocorrência de processos subsuperficiais e os seus reflexos para a geomorfologia da área? (IMF9)	X			C	
Foram avaliadas as possíveis influências da dinâmica hidrológica superficial da área na ocorrência de processos, especialmente focada nos recursos hídricos superficiais e os seus reflexos para a geomorfologia da área? (IMF10)	X			A	
Foram indicadas e avaliadas as áreas que devem contemplar a criação de gradientes suaves e aquelas em que se deve evitar os declives acentuados durante a construção da barragem? (IMF11)	X			A	
Foi indicada a instalação de sistemas de drenagem nas encostas sujeitas aos processos da dinâmica superficial? (IMF12)	X			A	
Foram avaliadas e identificadas as áreas de solo exposto sujeitas a processos erosivos eólicos e indicadas medidas para minimizar tal processo? (IMF13)			X		
Foram indicadas e avaliadas ações que evitem a compactação do solo durante a execução da obra? (IMF14)	X			C	
A análise e a indicação do local para a instalação, operação e desmobilização do canteiro de obras levaram em consideração a ocorrência de processos geomorfológicos e de ações impactantes para a geomorfologia (criação de cortes e aterros com risco de instabilidade de taludes/encostas; erosão e assoreamento; desmate e decapeamento/compactação dos solos; formação de cavas de materiais escavados)? (IMF15)		X		E	
A análise e a indicação do local para a instalação, operação e desmobilização do acampamento levaram em consideração a ocorrência de processos geomorfológicos e de ações impactantes para a geomorfologia (criação de cortes e aterros com risco de instabilidade de taludes/encostas; erosão e assoreamento; desmate e decapeamento/compactação dos solos; formação de cavas de materiais escavados)? (IMF16)		X		E	
Foram indicados e avaliados os impactos geomorfológicos resultantes do movimento de terras (escavação, corte, aterros e bota-fora)? (IMF17)	X			B	
Foi indicada a recomposição do relevo, de forma a evitar a instabilidade de taludes/encostas submersos, decorrente da escavação de áreas de empréstimo nas áreas a montante da barragem, em cotas inferiores ao do nível máximo do reservatório? (IMF18)		X		F	NC
Foram indicadas e avaliadas as áreas menos propensas aos processos geomorfológicos e a mudanças consideráveis na paisagem local, resultantes das atividades de terraplenagem e os aspectos da drenagem? (IMF19)		X		E	
Foram indicados e avaliados os possíveis efeitos geomorfológicos resultantes da limpeza da área do eixo da barragem? (IMF20)	X			B	
Foram indicados e avaliados os procedimentos a serem adotados para minimizar ou evitar a instabilidade das encostas resultantes do enchimento do reservatório? (IMF21)	X			A	
MAPEAMENTO					
Houve a avaliação e a definição, a partir de parâmetros geomorfológicos, das novas áreas para a abertura e operação das vias de acesso e a intensificação de uso daquelas abertas na fase de projeto? (IMF22)		X		D	
GEODIVERSIDADE E ETNOGEOMORFOLOGIA					
Existe a avaliação dos impactos aos elementos da geodiversidade resultantes da retirada de materiais das áreas de empréstimo, na ADA e na AID? (IMF23)		X		F	NC
MEIO BIOLÓGICO	SI M	NÃ O	NA	Conceito de Avaliação	Obs.
GEOMORFOLOGIA E ECOLOGIA					



Foi avaliado se o possível aumento de sedimentos, a jusante da barragem, pode ocasionar efeitos negativos na flora e fauna? (IMB1)		X		F	NC
MEIO ANTRÓPICO	SI M	NÃ O	NA	Conceito de Avaliação	Obs.
DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA E ATIVIDADES ECONÔMICAS					
Foram avaliadas as consequências da alteração do relevo para as atividades de turismo, lazer, mineração e agropecuária? (IMA1)	X			E	
IMPACTOS GEOMORFOLÓGICOS					
Foi analisada a reintegração do canteiro de obras à paisagem local, a partir do viés geomorfológico? (IMA2)	X			B	

Legenda: IMF – Instalação Meio Físico; IMB – Instalação Meio Biológico; IMA – Instalação Meio Antrópico. NA – Não se aplica; NC – Não contemplado no EIA. Fonte: Autores, 2025.

Em relação às conformidades e não conformidades, diferente da etapa de planejamento, o “sim” prevaleceu, com 57,8% dos quesitos. Nos conceitos de avaliação (A, B ou C), 14 quesitos foram avaliados com um desses conceitos, demonstrando um caráter satisfatório para a maioria dos itens do EIA para essa fase (tabela 2). Portanto, demonstra-se que o estudo teve um maior interesse em detalhar as consequências durante a etapa de construção, tratando com maior rigor e efetividade as ações contempladas nos quesitos.

Tabela 2 - Quantificação dos resultados obtidos com a aplicação da auditoria geomorfológica do EIA da barragem Serro Azul a partir dos quesitos da análise técnica na fase de instalação.

PARÂMETROS	TOTAL DE QUESITOS	SIM	NÃO	NA	A	B	C	D	E	F	A+B+C	D+E+F	TOTAL*
Absoluto (Abs.)	26	15	10	1	5	7	2	2	6	3	14	11	25
Percentual (%)	100%	57,8%	38,4%	3,8%	19,2%	26,9%	7,7%	7,7%	23,1%	11,6%	53,8%	42,4%	100%
Meio Físico (Abs.)	23	13	9	1	5	6	2	2	5	2	13	9	22
Meio Físico (%)	88,5%	56,6%	39,1%	4,3%	22,7%	27,3%	9,1%	9,1%	22,7%	9,1%	59,1%	40,9%	100%
Meio Biológico (Abs.)	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Meio Biológico (%)	3,8%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	100%	100%
Meio Antrópico (Abs.)	2	2	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	2
Meio Antrópico (%)	7,7%	100%	0%	0%	0%	50%	0%	0%	50%	0%	50%	50%	100%

Legenda: S: sim; N: não; NA: não se aplica.

Fonte: Autores, 2025.

Conceitos de avaliação (A, B, C, D, E e F) – Lee e Colley (1992).

*Excluídos os quesitos classificados como NA.

Os conceitos insatisfatórios apresentaram um percentual de 100% no meio biológico, 50% no antrópico e 40,9% para o meio físico, o que evidencia um melhor comportamento em relação à fase de planejamento. Mesmo assim, tais resultados expõem a necessidade de melhorias do EIA analisado.

Fase: Operação

Nos modelos de Protocolo (elaboração) e da Lista de Verificação (análise) da fase de operação (quadro 7), num total de 35 quesitos, 23 são voltados para o meio físico (65,7%), cinco para o meio biótico (14,3%) e sete para o meio antrópico (20%).

Para o meio físico, foram contemplados quesitos nos seguintes temas: “processos e dinâmica geomorfológica”, “impactos geomorfológicos”, “mapeamento” e “geomorfologia fluvial”. A maioria foi enquadrada no tema “processos e dinâmica geomorfológica”, num total



de 14 quesitos. O EIA carece de uma maior preocupação com as variações do nível d'água - superficial e subterrâneo (OMF 5,6,7 e 8) e o processo de assoreamento (OMF 1 e 2). Apesar dos processos erosivos terem sido contemplados com o conceito de avaliação "A", os reflexos desses processos não foram devidamente abordados.

Em relação ao meio biológico, foram cinco quesitos, todos enquadrados no tema "geomorfologia e ecologia". Vale frisar que os aspectos levantados para o meio biológico, em associação com a geomorfologia, devem ser implementados em colaboração com os profissionais da área. As questões focaram em refúgios para a fauna e a flora, considerando o relevo colinoso da região, com trechos não propensos ao uso e à ocupação humana. No entanto, os quesitos do meio biológico não foram contemplados nem no meio físico e nem no meio biológico do EIA.

Por fim, o meio antrópico apresenta sete quesitos, abrangendo a "geomorfologia fluvial", "geodiversidade e etnogeomorfologia" e "processos e dinâmica geomorfológica". Por se tratar da fase de operação, os quesitos visaram as mudanças nos usos dos terrenos decorrentes das desapropriações para construir a barragem, bem como as mudanças na vazão no rio e os impactos nas atividades econômicas, especialmente na agropecuária.

Quadro 7 - Auditoria geomorfológica do EIA da barragem Serro Azul a partir dos quesitos da análise técnica na fase de operação.

FASE: OPERAÇÃO					
MEIO FÍSICO	SIM	NÃO	NA	Conceito de Avaliação	Obs.
PROCESSOS E DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA					
Foi avaliada a possibilidade da intensificação do assoreamento nos cursos d'água a montante? (OMF1)	X			D	
Foram analisadas as áreas de afluição de sedimentos no reservatório e indicadas as alternativas de controle? (OMF2)		X		F	NC
Foi apresentado um programa de monitoramento dos processos erosivos nas encostas marginais do reservatório? (OMF3)	X			A	
Foi avaliada a possibilidade da ocorrência dos processos erosivos nas margens a montante e a jusante, compreendidas na ADA e na AID? (OMF4)	X			A	
Foi estabelecida a necessidade do acompanhamento da variação do nível d'água do reservatório com o objetivo de monitorar a redução da porosidade do solo nas áreas das bordas do reservatório? (OMF5)		X		F	NC
Foram indicadas e avaliadas as áreas sujeitas à deflagração de processos erosivos decorrentes da elevação do lençol freático e de outras condições hidrogeológicas, após o enchimento do reservatório? (OMF6)	X			B	
Foram indicados os impactos geomorfológicos decorrentes do aumento do nível das águas subterrâneas no entorno do reservatório? (OMF7)	X			C	
Foi abordada a necessidade do acompanhamento das variações do nível d'água do reservatório, a fim de verificar desequilíbrios nas tensões hidrostáticas, buscando monitorar os processos erosivos nas encostas? (OMF8)	X			B	
Foram estabelecidos programas de monitoramento voltados para as encostas marginais, contemplando: processos erosivos, escorregamentos, deslocamento de blocos rochosos, solos colapsíveis e expansíveis? (OMF9)	X			E	
Foram indicadas possíveis obras de contenção, durante a vida útil da barragem, nas áreas de maior fragilidade ambiental, no tocante aos processos erosivos? (OMF10)		X		F	NC
Foi estabelecido o acompanhamento do funcionamento dos sistemas de drenagem para afastar o escoamento da água das encostas e/ou das áreas de fragilidade ambiental? (OMF11)		X		D	
Consta a indicação da supressão de algumas estradas de acesso na ADA, que tenham sido utilizadas na construção, estabelecendo a recuperação dessas áreas degradadas? (OMF12)		X		F	NC
Foi estabelecida e detalhada a recuperação das áreas de empréstimo, por meio da remodelação do relevo, buscando a eliminação de bacias de estagnação de água, atenuação de encostas íngremes, de forma a atenuar o impacto na paisagem? (OMF13)		X		D	
Foi verificada a suscetibilidade da área a ocorrência de eventos sísmicos, durante a vida útil da barragem, que contribua para o desencadeamento de movimentos de massa, processos erosivos e/ou outros processos da dinâmica superficial? (OMF14)		X		E	
GEOMORFOLOGIA FLUVIAL					
Houve a abordagem da redução da carga sólida a jusante, com o aumento dos processos erosivos das margens e a alteração na morfologia do canal? (OMF15)	X			B	
Foi indicada a necessidade do acompanhamento das variáveis morfométricas para a avaliação das alterações dos indicadores da bacia hidrográfica? (OMF16)	X			A	



Foi estabelecida a ação de acompanhamento da variação do nível d'água do rio a jusante e a avaliação da presença de aluviões arenosos? (OMF17)		X		D	
Foi estabelecida a necessidade da identificação da existência de depósitos no sopé dos barrancos de erosão (feição de relevo denominada "praia") e se as margens se apresentam com o aspecto de falésias litorâneas? (OMF18)		X		F	NC
Foi avaliada a necessidade do monitoramento dos efeitos da erosão fluvial a jusante sobre pontes, tomadas-d'água, diques marginais e outras estruturas? (OMF19)		X		F	NC
Foi elaborado um prognóstico que trate das relações das condições operacionais do reservatório e das características geomorfológicas da área? (OMF20)		X		D	
Foi estabelecido o detalhamento dos procedimentos para o acompanhamento e a avaliação do aumento do comprimento e da quantidade de canais fluviais de ordens inferiores, após o enchimento do reservatório da barragem? (OMF21)		X		F	NC
MAPEAMENTO					
Foi estabelecido o monitoramento da compactação do solo, através do mapeamento de solos compactados, associando a morfologia e a dinâmica geomorfológica, indicando intervenções necessárias? (OMF22)		X		F	NC
IMPACTOS GEOMORFOLÓGICOS					
Foi apresentada uma avaliação sobre os possíveis impactos geomorfológicos diante da manutenção da infraestrutura remanescente da fase de construção, que seja necessária para a operacionalização da barragem? (OMF23)		X		D	
MEIO BIOLÓGICO	SIM	NÃO	NA	Conceito de Avaliação	Obs.
GEOMORFOLOGIA E ECOLOGIA					
Foi estabelecida a necessidade de acompanhar a recuperação das áreas degradadas, especialmente aquelas situadas em áreas de fragilidade biológica (próximo a áreas protegidas, com ocorrência de espécies com risco de extinção e outros casos estabelecidos no estudo do meio biológico)? (OMB1)		X		F	NC
Foi analisada como a possível diminuição dos sedimentos, a jusante da barragem, pode ocasionar efeitos negativos na flora e fauna? (OMB2)		X		F	NC
Foi estabelecida a delimitação das áreas de preservação para abrigo da fauna, tendo o relevo como parâmetro, a partir da correlação com o estudo do meio biológico e a nova configuração após o enchimento? (OMB3)		X		F	NC
Foi estabelecida a delimitação dos fragmentos de vegetação a serem conservados, após o enchimento, tendo o relevo como parâmetro, a partir da correlação com o estudo do meio biótico? (OMB4)		X		F	NC
Foram delimitadas as APPs, estabelecidas por critérios geomorfológicos, após o enchimento do reservatório, e que sirvam de abrigo para a conservação de espécies em extinção? (OMB5)		X		F	NC
MEIO ANTRÓPICO	SIM	NÃO	NA	Conceito de Avaliação	Obs.
GEOMORFOLOGIA FLUVIAL					
Foi estabelecido o acompanhamento do uso e da ocupação da terra na ADA e a avaliação das possíveis alterações da rede de drenagem? (OMA1)		X		F	NC
Foi estabelecido o acompanhamento do uso e da ocupação da terra na área da barragem, sobre a deflagração de processos erosivos e movimentos de massa, especialmente nas margens do reservatório e nas áreas a montante dele? (OMA2)		X		F	NC
GEODIVERSIDADE E ETNOGEOMORFOLOGIA					
Foram indicadas metodologias da etnogeomorfologia para a verificação da percepção da população com relação à modificação da paisagem, especialmente os elementos geomorfológicos e da geodiversidade (caso existentes)? (OMA3)		X		F	NC
Consta a avaliação das alterações do uso da terra e da paisagem decorrentes do enchimento do reservatório, em seus diversos aspectos (lazer, turismo, outras atividades econômicas, geodiversidade etc.)? (OMA4)		X		E	
PROCESSOS E DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA					
Foram identificados e avaliados os possíveis impactos decorrentes da geomorfologia (novas morfologias e/ou deflagração ou intensificação dos processos geomorfológicos) na agricultura ribeirinha e na estrutura fundiária da Área Diretamente Afetada (ADA)? (OMA5)		X		F	NC
Foram estabelecidos cenários de como a deficiência do saneamento básico pode originar ou contribuir para a deflagração de processos geomorfológicos, afetando o reservatório e as áreas imediatamente a jusante e a montante da barragem? (OMA6)		X		F	NC
Foi realizada uma avaliação sobre a possibilidade da perda de áreas após o enchimento e o início da operação da barragem, de potencial arqueológico, decorrentes da geomorfologia (a exemplo das áreas de topos aplainados e encostas suaves como áreas a serem prospectadas por se tratarem de áreas de potencial arqueológico propícias à ocupação de grupos pré-históricos) e dos processos erosivos (e outros) e a dispersão de vestígios arqueológicos? (OMA7)		X		F	NC

Legenda: OMF – Operação Meio Físico; OMB – Operação Meio Biológico; OMA – Operação Meio Antrópico; NA – Não se aplica; NC – Não contemplado no EIA. Fonte: Autores, 2025.

Em relação às conformidades e não conformidades, diferente da etapa de instalação, o “não” voltou a prevalecer, com 74,3% dos quesitos, assim como aconteceu na fase de planejamento (tabela 3). Nos conceitos de avaliação, a maioria dos quesitos (28) foi avaliada com conceitos D, E ou F, resultando no caráter insatisfatório da maioria dos itens avaliados.

**Tabela 3** - Quantificação dos resultados obtidos com a aplicação da auditoria geomorfológica do EIA da barragem Serro Azul a partir dos quesitos da análise técnica na fase de operação

PARÂMETROS	TOTAL DE QUESITOS	SIM	NÃO	NA	A	B	C	D	E	F	A+B+C	D+E+F	TOTAL*
Absoluto (Abs.)	35	9	26	0	3	3	1	6	8	14	7	28	35
Percentual (%)	100%	25,7%	74,3%	0%	8,5%	8,5%	2,8%	17,2%	23%	40%	19,8%	80,2%	100%
Meio Físico (Abs.)	23	9	14	0	3	3	1	6	2	8	7	16	23
Meio Físico (%)	65,7%	39,1%	60,9%	0%	13%	13%	4,3%	26,1%	8,8%	34,8%	30,3%	69,7%	100%
Meio Biológico (Abs.)	5	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	5	5
Meio Biológico (%)	14,3%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	100%	100%
Meio Antrópico (Abs.)	7	0	7	0	0	0	0	0	6	1	0	7	7
Meio Antrópico (%)	20%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	85,7%	14,3%	0%	100%	100%

Legenda: S: sim; N: não; NA: não se aplica.

Fonte: Autores, 2025.

Conceitos de avaliação (A, B, C, D, E e F) – Lee e Colley (1992).

*Excluídos os quesitos classificados como NA.

Sendo assim, os conceitos insatisfatórios apresentaram um percentual de 100% no meio biológico, 100% no antrópico e 69,7% para o meio físico, o que deixa a avaliação da fase de operação bem próxima dos valores obtidos na fase de planejamento. Dessa maneira, a avaliação indicou a pouca valorização dada à geomorfologia, enquanto ramo do conhecimento de grande valia para a compreensão dos processos da dinâmica natural, como também para utilização por parte da sociedade humana, tanto em relação aos riscos do uso e ocupação de determinada área quanto aos benefícios proporcionados pelas formas e processos geomorfológicos, nas diversas atividades humanas. Destaca-se, também, a deficiente análise integrada desse ramo do conhecimento com os outros elementos do meio físico, do meio biológico e do antrópico.

E a adoção dos conceitos de avaliação de Lee e Colley (1992) é essencial para indicação das omissões, pontos adequados e inadequados/significativos, o que contribui para que tais constatações sejam utilizadas para solicitar a complementação e/ou correção do EIA protocolado.

Acompanhamento da implementação das atividades de gestão previstas no EIA

A fase de pós-decisão da AIA (fase de acompanhamento – *follow-up*) é fundamental para que o empreendimento/atividade continue adotando uma gestão socioambiental efetiva (SANCHEZ, 2020). O uso da auditoria consiste em avaliar se as recomendações e as previsões presentes no EIA vêm sendo cumpridas, bem como a eficácia dos métodos de controle ambiental, especialmente no tocante às medidas mitigadoras e os programas de acompanhamento e monitoramento.

Obviamente, que outros quesitos poderão ser inseridos, quando não constarem no EIA e forem identificados no decorrer da vida útil do empreendimento. Para isso, é importante destacar que faz-se necessária a obtenção e sistematização dos dados da atividade de monitoramento. Logo, tais atividades permitem a melhoria contínua do projeto, diante da constatação de problemas e a sua resolução, bem como o aprimoramento daquilo que vem dando certo.



Hooke (2020), ao enfatizar os cinquenta anos da geomorfologia aplicada, destaca o crescimento desse ramo e as aplicações reais à gestão ambiental. O ambiente fluvial é um dos citados como aquele que tem recebido boas contribuições da geomorfologia para estratégias sustentáveis, sendo um ambiente intimamente relacionado às barragens.

Portanto, a etapa de acompanhamento é de suma importância para a consolidação da AIA e a efetividade dos benefícios a partir da sua aplicação. No entanto, constitui um grande desafio tal implementação, considerando que alguns órgãos públicos não fazem o devido acompanhamento *in loco*, por meio de relatórios, uso de geotecnologias, diante da baixa capacidade material, de pessoal e de logística.

Outro obstáculo é o custo para as ações de monitoramento. Glasson *et al.* (1999) defendem que um EIA deve incluir um programa de monitoramento que tenha objetivos claros, controles temporais e espaciais, uma duração adequada (por exemplo, cobrindo os principais estágios do processo, implementação do projeto), metodologias práticas, financiamento suficiente, responsabilidades e relatórios abertos e regulares. Idealmente, a atividade de monitoramento deve incluir uma parceria entre as partes envolvidas, a exemplo da coleta de informações, que pode envolver o proponente do projeto, a autoridade local e a comunidade local (SÁNCHEZ, 2020). Nessa perspectiva, foram estruturados e aplicados modelos de Lista de Verificação de auditoria de acompanhamento da aplicação das atividades de gestão previstas no EIA nas fases de “instalação” e de “operação”.

Aplicação da proposta de auditoria geomorfológica para o EIA da barragem Serro Azul

Na fase de instalação, foram elencados 27 quesitos, sendo 24 voltados para o meio físico, um para o meio biológico e dois para o meio antrópico. Os quesitos, de certa forma, em sua maioria, refletem a gestão dos quesitos listados para a elaboração/análise técnica, na fase de instalação (quadro 6). Foi também adotada a divisão dos quesitos por temas geomorfológicos: “processos e dinâmica geomorfológica”, “impactos geomorfológicos” e “geomorfologia fluvial”.

Os quesitos enquadrados no tema “processos e dinâmica geomorfológica” foram numerados de 01 a 08, tratando das Áreas de Preservação Permanente (APPs) de cunho geomorfológico (01), processos erosivos e as ações para mitigação (02), obras de desvio do rio e a morfologia fluvial (03), construção da barragem auxiliar e a deflagração de processos geomorfológicos (04), construção da barragem principal e a deflagração de processos geomorfológicos (05), outras obras de engenharia e a geomorfologia local (06), estabilidade das construções do canteiro de obras e a dinâmica geomorfológica (07) e as condicionantes geomorfológicas aplicadas ao acampamento da obra (08).

Já para o tema “impactos geomorfológicos” foram elaborados cinco quesitos (09 – 13), que contemplam outras ações executadas durante a fase de construção: limpeza da área do eixo da barragem (09), movimentação de terras (escavação, corte, aterros e bota-fora) (10), construção/abertura de estradas de acesso (11), monitoramento do uso das vias de acesso abertas na fase de projeto (12) e as áreas mais suscetíveis à ocorrência de processos geomorfológicos (13). Por fim, o tema “geomorfologia fluvial” compreende os demais onze quesitos do meio físico (14-24).

Para o meio biológico, o único quesito trata da necessidade do monitoramento do possível aumento da carga sedimentar, especialmente a jusante da barragem, como resultado das diversas ações durante o período de obras da barragem, que, pode, em maior ou menor



grau, afetar a quantidade de sedimentos no leito do rio e gerar consequências para a fauna e a flora.

O primeiro quesito (26) do meio antrópico trata do acompanhamento da implementação das ações com o objetivo de minimizar possíveis consequências negativas geradas pela alteração do relevo para as atividades de lazer, turismo e demais atividades econômicas desenvolvidas na área. Por fim, o segundo quesito visa avaliar, geomorfologicamente, a reintegração do canteiro de obras à paisagem local.

Fase: Operação

Na fase de operação, foram elencados cinquenta e três quesitos, sendo trinta e sete para o meio físico, seis para o meio biológico e dez para o meio antrópico. Os quesitos, de certa forma, em sua maioria, refletiram aquilo que foi elencado na elaboração/análise técnica, na fase de operação (quadro 7). Além do longo alcance temporal, tomando o tempo de vida útil de uma barragem e, diferentemente da etapa de instalação, que tem um intervalo de tempo mais bem definido e menor, a fase de operação requer que os quesitos sejam elaborados tomando um intervalo de tempo maior e o que isso representa para a geomorfologia, especialmente no tocante à possibilidade de alteração das formas, deflagração/intensificação/estabilização de processos, alterações nos materiais etc.

Os quesitos foram divididos nos seguintes temas geomorfológicos: “processos e dinâmica geomorfológica”, “impactos geomorfológicos”, “geomorfologia fluvial” e “geomorfologia costeira”.

Os quesitos de 01 a 04, pensando numa escala temporal de décadas, são direcionados à erosão marginal, seja no risco de destruição das edificações (01), na implementação de um programa voltado aos processos erosivos de um modo geral (02), o risco da perda de terras (03) e o monitoramento da erosão marginal, tanto a montante como a jusante (04).

Os quesitos 05 e 06 estão relacionados às estradas de acesso abertas nas fases de projeto e de construção, buscando o monitoramento dos processos geomorfológicos (05) e a recuperação dessas estradas, evitando que deflagrem processos geomorfológicos (06). Ainda no campo da recuperação das áreas degradadas, o quesito 07 propõe o acompanhamento da implantação e da execução das obras de controle e/ou recuperação dessas áreas em qualquer parte do empreendimento.

No quesito 08, é proposto o acompanhamento da ocorrência de processos erosivos, escorregamentos e solapamentos nas margens do reservatório, constituindo processos presentes em muitas barragens, inclusive em Serro Azul (figura 3). Enquanto que no quesito 9, o objetivo é acompanhar a implementação das obras de contenção de processos erosivos e movimentos de massa.



Figura 3 – Processos erosivos nas margens próximas ao barramento principal.



Fonte: Autores, outubro de 2019.

Os quesitos 10 e 11 estão relacionados à geração de ondas no reservatório (magnitude das ondas e a posição relativa do nível d'água do reservatório; a geração de ondas por conta do tráfego de embarcações, por exemplo). O quesito 12 destaca a influência das condições hidrogeológicas, logo após o enchimento do reservatório, na deflagração dos processos erosivos. Enquanto o quesito seguinte aborda o mesmo monitoramento, porém durante a vida útil da barragem. Os quesitos 14, 15 e 16 tratam do assoreamento, sendo o primeiro voltado ao monitoramento do processo no reservatório, o segundo relacionado às áreas a montante e o terceiro apresenta uma proposta de verificação da implementação das ações de controle para as áreas de afluência de sedimentos no reservatório.

A geomorfologia, enquanto condicionante para as condições operacionais do reservatório, é objeto do quesito 17, visando o acompanhamento das variações do nível d'água do rio (montante e jusante) e do reservatório, considerados para o monitoramento da ocorrência dos processos erosivos nas encostas marginais (quesito 18). Já o quesito 19 busca verificar o funcionamento dos sistemas de drenagem voltados para os processos geomorfológicos (principalmente nas encostas e/ou áreas de fragilidade ambiental no reservatório).

O monitoramento da compactação do solo na área do reservatório é o foco do quesito 20, enquanto que o quesito seguinte propõe a verificar se os escorregamentos têm sido monitorados (e outros movimentos de massa) por meio da análise de diversos parâmetros. O quesito 22 objetiva constatar a implementação do Programa de Monitoramento de Movimentos de Massa, que são processos comuns na realidade de muitas barragens. O quesito 23 aplica a dinâmica de dois elementos climáticos (chuva e vento) para o monitoramento da deflagração de processos geomorfológicos em terra (erosão nas vertentes) e na água (geração de ondas).

Os dois quesitos seguintes (24 e 25) abordam o monitoramento dos processos erosivos, sendo o primeiro tratando da implementação de um Programa de Monitoramento dos Processos Erosivos nas Encostas Marginais do Reservatório, enquanto o outro quesito versa sobre o desenvolvimento dos processos de *piping* diante da elevação induzida do lençol freático nas margens do reservatório. No quesito 26, a preocupação recai no tocante à recuperação das áreas de empréstimo, a partir de uma série de ações, visando atenuar o impacto na paisagem. E o quesito 27 alia o monitoramento de um fenômeno geológico (sismicidade), durante e após o enchimento do reservatório, com a finalidade de avaliar a possibilidade do desencadeamento de processos geomorfológicos.



O quesito inicial do tema “geomorfologia fluvial” propõe o monitoramento das variáveis morfométricas como forma de avaliar as alterações dos indicadores da bacia hidrográfica. No item seguinte, o foco recai sobre o acompanhamento dos efeitos da erosão fluvial a jusante sobre pontes, tomadas d’água, diques marginais e outras estruturas. Ainda na área a jusante, o quesito 30 propõe que se monitore a variação do nível d’água do rio e a presença de aluviões arenosos, considerando os reflexos da ocorrência dessas feições da geomorfologia fluvial, para os meios físico, biótico e antrópico. Já o quesito 31 trata da área a montante da barragem e da intensidade dos processos erosivos nos cursos d’água afluentes do rio barrado, quantificando o volume e qualificando o material transportado para fins de acompanhamento do assoreamento, especialmente na região do lago do reservatório. O quesito seguinte propõe que se verifique a intensificação da incisão dos canais sobre os sedimentos do plano aluvial, podendo resultar no aumento dos processos erosivos lineares nos terraços fluviais. Por fim, os dois últimos quesitos vão tratar da avaliação das consequências para a dinâmica e a morfologia fluvial devido a um grande aumento na descarga fluvial, motivado por eventos climáticos, enquanto o outro quesito aborda o aumento do comprimento e da quantidade de canais fluviais de ordens inferiores, decorrente do enchimento do reservatório, sendo algo que influencia diversos elementos dos meios físico, biológico e antrópico.

O quesito 35 foca no acompanhamento dos possíveis impactos geomorfológicos diante da necessidade de manter parte da infraestrutura utilizada na fase de construção, mas que precisou permanecer para ser utilizada na etapa de operação. O quesito 36 preconiza o acompanhamento da redução da magnitude da drenagem e a diminuição dos riscos de inundação. E o quesito 37, enquadrado no tema “geomorfologia costeira”, aborda o acompanhamento da dinâmica da estrutura das praias e da linha de costa, com a operação da barragem, devendo ser considerados, inicialmente, questões como: a distância da barragem para o litoral e o fator tempo de operação da barragem para que tais alterações possam ser identificadas.

Nos quesitos do meio biológico, algumas preocupações presentes no meio físico são retomadas com a aplicação voltada para a fauna e a flora, como a recuperação das áreas degradadas e a sua localização em áreas de fragilidade biológica (quesito 38). Já no quesito seguinte, é proposta a indicação de áreas prioritárias, do ponto de vista geomorfológico, para a execução das ações de reflorestamento, que permitam, dentre outros objetivos, que os processos da dinâmica superficial sejam menos recorrentes e menos intensos, diante de uma maior proteção do solo.

O quesito 40 é voltado para o monitoramento das áreas de preservação, relacionadas aos parâmetros geomorfológicos, e que abriguem exemplares da fauna. A mesma lógica acontece no item seguinte, contudo, com o objetivo de monitorar os fragmentos de vegetação. Enquanto o quesito 42 propõe monitorar as APPs, delimitadas a partir de critérios geomorfológicos e que abriguem espécies em extinção. Todos os quesitos anteriores foram enquadrados no tema “geomorfologia e ecologia” e o único quesito classificado em um tema diferente (“geomorfologia fluvial”), aborda a relação da dinâmica sedimentar a jusante e as consequências para a flora e fauna. Cada vez mais se reconhece que as características geomorfológicas e o funcionamento de um sistema fluvial são considerações fundamentais nos esforços para atingir as metas de gerenciamento da biodiversidade (CHESSMAN *et al.*, 2006), tendo essa relação objeto de estudo de diversos autores (VILES, 1988; CHESSMAN *et al.*, 2006; MONTGOMERY, 2006; RENSCHLER *et al.*, 2007; THOMS *et al.*, 2018; VILES, 2020).



Para o meio antrópico, os dez quesitos enquadrados nos temas “geomorfologia e atividades econômicas”, “geodiversidade e etnogeomorfologia” e “processos e dinâmica geomorfológica”, visam monitorar a perda de terras produtivas na Área Diretamente Afetada (ADA) da barragem pela ocorrência de processos geomorfológicos (quesito 44), impactos geomorfológicos na agricultura e pecuária da ADA (quesito 45), as alterações do uso da terra e da paisagem após o enchimento e início da operação do empreendimento, contemplando diversos usos (lazer, turismo, outras atividades econômicas, geodiversidade etc.).

Enquanto nos dois quesitos do tema “geodiversidade e etnogeomorfologia” busca-se a inserção das populações das áreas próximas do empreendimento para um melhor entendimento da dinâmica geomorfológica da área, tanto a dinâmica natural, como a dinâmica induzida pelas ações humanas (figura 4).

Por fim, os últimos cinco quesitos (49 – 53) têm o objetivo de monitorar os usos e/ou ocupações humanas e as possíveis consequências à dinâmica geomorfológica. É o caso das possíveis alterações na rede de drenagem na ADA (49), perdas ou danos aos sítios históricos (50), riscos geomorfológicos e as edificações construídas (51), deficiências no saneamento básico e a possível deflagração de processos geomorfológicos (52) e o uso e ocupação da terra nas margens do reservatório e a montante, com a consequente deflagração de processos erosivos (53).

Figura 4 – Visão do barramento principal com o distrito de Serro Azul a jusante.



Fonte: Autores, outubro de 2019.

A geomorfologia estabelece íntima relação com o meio antrópico (KONDOLF; PIEGAY, 2011; BRIERLEY; HOOKE, 2015), em seus diversos aspectos, ao tratar da distribuição da população, das condições de habitação, do favorecimento ao desenvolvimento de determinadas atividades econômicas, da implantação ou alteração do sistema viário etc. Brierley e Hooke (2015) destacam que a tomada de decisão contemporânea tem refletido, na maioria das vezes, nas negociações entre os diversos atores sociais, buscando fornecer abordagens equilibradas para a gestão de valores socioeconômicos, culturais e ambientais, somadas as considerações históricas, geográficas e políticas, que influenciam a variedade de opções de gerenciamento de rios.



Assim como descrito na metodologia, visando a quantificação e a sistematização dos dados resultantes da aplicação dos instrumentos propostos, apresenta-se um modelo de tabela (tabela 4), com o uso da dos diferentes graus de implementação das ações recomendadas no EIA da barragem Serro Azul.

Tabela 4 - Grau de implementação das medidas mitigadoras e dos programas ambientais aplicados à fase de operação da barragem Serro Azul.

PARÂMETROS	Cumprida ou implementada	Em cumprimento ou em implementação	Parcialmente cumprida/Parcialmente implementada	Não cumprida/não implementada	Não aplicável	Total
Absoluto	0	0	0	49	4	53
Percentual	0%	0%	0%	92,4%	7,6%	100%
Meio Físico (Abs.)	0	0	0	33	4	37
Meio Físico (%)	0%	0%	0%	89,2%	10,8%	69,8%
Meio Biológico (Abs.)	0	0	0	6	0	6
Meio Biológico (%)	0%	0%	0%	100%	0%	11,3%
Meio Antrópico (Abs.)	0	0	0	10	0	10
Meio Antrópico (%)	0%	0%	0%	100%	0%	18,9%

Fonte: Autores, 2025.

Dessa forma, 92,4% das ações avaliadas não estão sendo cumpridas ou não foram implementadas, enquanto 7,6% das ações não se aplicam à realidade estudada. No tocante aos meios das ações a serem implementadas, verifica-se que 69,8% estão relacionadas ao meio físico, 18,9% ao meio antrópico e 11,3% ao meio biológico. Logo, a proposta metodológica aplicada para avaliar a gestão da barragem Serro Azul em relação à implementação das recomendações do seu EIA aponta a pouca ou ausência da gestão ambiental do empreendimento durante a fase de operação, com ênfase na geomorfologia e na análise integrada com os outros componentes do meio físico, como também dos outros meios (biológico e antrópico).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta apresentada não deve ser encarada como algo limitativo, pois cada impacto existirá ou não, terá importância ou não, de acordo com cada ambiente e projeto analisados. O uso das duas escalas de avaliação (LEE; COLLEY, 1992; BRASIL, 2009) dialoga com a perspectiva da discricionariedade inerente à tomada de decisão da avaliação do EIA, sendo algo menos rígido e mais norteador para subsidiar a decisão final dos tomadores de decisão (especialmente o órgão ambiental) e servir como instrumento de gestão ambiental para uma determinada barragem.

Os instrumentos apresentados e discutidos constituem um guia, específico para o EIA e a AIA de barragens, que devem ser aperfeiçoados, de acordo com as particularidades de algumas realidades. E, portanto, acredita-se que a proposta metodológica apresentada seja capaz de subsidiar a elaboração de Termos de Referência e dos EIAs, como também subsidiar e promover a melhoria da análise técnica do EIA e do acompanhamento da implementação das atividades de gestão do empreendimento. Logo, contribuindo para a mudança de uma



realidade em que predomina a existência de estudos ambientais extensos e pouco objetivos, como também de uma baixa objetividade e da alta discricionariedade dos Termos de Referência.

Portanto, a geomorfologia necessita estar cada vez mais próxima dos instrumentos de planejamento e gestão ambiental, a exemplo do Estudo de Impacto Ambiental e da auditoria ambiental. Sendo assim, caso se criem condições para uma análise criteriosa da geomorfologia nos EIAs, a proposta apresentada não constituirá em empecilho ou “perda de tempo”, mas uma nova opção de uso por parte de profissionais especializados na área e que poderão complementar ou suprimir determinados quesitos, de acordo com a realidade de cada empreendimento.

Isso, de certa forma, reduz possíveis arbitrariedades na adoção desse instrumento. Por outro lado, a construção metodológica permitiu com que tal elaboração tenha se pautado em princípios científicos sólidos, principalmente da área da geomorfologia e da avaliação de impacto ambiental, favorecendo a um controle de vieses, seja evitando-os, seja minimizando-os. A otimização para a sua aplicação precisa levar em conta a sua informatização, por meio de uma planilha automatizada, que agregue às listas apresentadas e às respectivas tabelas de quantificação dos resultados, o que proporcionará maior praticidade e eficiência na análise dos dados e na tomada de decisão por parte do(s) profissional(is), que estiverem à frente da área da geomorfologia.

Sendo assim, é fundamental que se desenvolvam pesquisas e metodologias visando melhorar a qualidade dos EIAs, de forma a contribuir na maior efetividade da AIA. Para uma melhor análise crítica da proposta metodológica apresentada, outras realidades devem ser objeto de análise do que foi proposto, buscando a inserção, supressão ou melhoria de quesitos, bem como dos prováveis efeitos práticos, positivos ou negativos, através de estudos comparativos, que a aplicação da metodologia irá resultar.

A proposta apresentada no trabalho não esgota a possibilidade de se contemplar outros pontos relevantes ou de não se utilizar todos os aqui elencados, já que, apesar de voltada para uma mesma tipologia de obra de engenharia, o profissional deverá atentar para as especificidades de cada obra e os métodos construtivos empregados, como também as condições específicas do ambiente a ser afetado, diferenciados nos seus mais diversos aspectos – físico, biótico e antrópico –, bem como de ordem político-institucional e legal.

REFERÊNCIAS

- ACHKAR, M.; DOMÍNGUEZ, A.; PESCE, F. **El pensamiento geográfico en Uruguay**. Montevideo: LDSGAT, 2011.
- AGUIAR, K. B. de. **Análise da abordagem geomorfológica em Estudos de Impactos Ambientais (EIAs) de projetos hidrelétricos apresentados ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) no período de 1993 a 2014**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- AKIOSSI, A. **Análise da abordagem dos processos de dinâmica superficial em EIAs/RIMAs de projetos urbanísticos no estado de São Paulo, no período de 1987 a 2007**. 2010. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.
- APAC -Agência Pernambucana de Águas e Climas. Monitoramento Pluviométrico. Disponível em: < <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>> Acesso em 28 fev 2024.
- ASHMORE, P. Towards a sociogeomorphology of rivers. **Geomorphology**, 251, p. 149-156, 2015
- BAILEY, J.; HOBBS, V. A proposed framework and database for EIA auditing. **Journal of Environmental Management**, v. 31, n. 2, p. 163-172, set. 1990.



BISSET, R.; TOMLINSON, P. Monitoring and auditing of impacts. In: WATHERN, P. (Ed.). **Environmental impact assessment: theory and practice** London and New York: Routledge, 1988. p. 115–128.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 1986.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Portaria Segecex** 27, de 19 de outubro de 2009. Disciplina a verificação do cumprimento das determinações e recomendações expedidas pelo Tribunal e dos resultados delas advindos e aprova, em caráter preliminar, o documento Padrões de Monitoramento.

BRIERLEY, G. B.; HOOKE, J. Emerging geomorphic approaches to guide river management practices. **Geomorphology**, v.251, p. 1-5, 2015.

CHESSMAN, B. C.; FRYIRS, K.A.; BRIERLEY, G. J. Linking geomorphic character, behavior and condition to fluvial biodiversity: implications for river management. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v.16, p. 267-288, 2006.

CHIOSSI, N. J. **Geologia de engenharia**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgar Blücher. 236p, 1999.

CPRM: Serviço Geológico do Brasil. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água subterrânea de Pernambuco – **Diagnóstico do município de Palmares**. out. 2005, 2005.

CULHANE, P.J. Post-EIS environmental auditing: a first step to making rational environmental assessment a reality. **Environmental Professional**, v.5, p. 66-75, 1993.

CUNHA, S. B. da. **Impactos das obras de engenharia sobre o ambiente biofísico da bacia do rio São João** (Rio de Janeiro – Brasil). 1995. Tese (Doutorado em Geografia) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995.

DAVIES, M.; SADLER, B. **Post-project analysis and the improvement of guidelines for environmental monitoring and audit**. S.1., EPS – Environmental Protection Series, EPS 6/FA/1), 1990, p. 36.

DOWNS, P. W.; BOOTH, D. B. Geomorphology in Environmental Management. In: GREGORY, K. J.; GOUDIE, A. (Eds.). **Handbook of Geomorphology**. SAGE Publications Ltda, 2011, p. 78-104.

EUROPEAN COMMISSION, 2001. Guidance on EIA, EIS Review. Disponível: <http://ec.europa.eu/environment/eia/review.htm>. Acesso: 12 jun. 2019.

FONSECA, A.; BRITO, L.L.A. de; GIBSON, R.B. Methodological pluralism in environmental impact prediction and significance evaluation: A case for standardization? **Environmental Impact Assessment Review**, v. 80, 2020.

FROST, R. EIA monitoring and audit. In: WESTON, J. **Planning and EIA in practice**, 1997, p. 141-64.

GIRÃO, O.; CORRÊA, A.C. de B. A contribuição da geomorfologia para o planejamento da ocupação de novas áreas. **Revista de Geografia**, v. 21, n. 2. p.36-58, jul./dez, 2004.

GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. B.; NÓBREGA, R. S.; DUARTE, C. C. O Papel do Clima nos Estudos de Prevenção e Diagnóstico de Riscos Geomorfológicos em Bacias Hidrográficas na Zona da Mata Sul de Pernambuco. In: GUERRA, A. J. T.; OLIVEIRA JORGE, M. C. (Ed.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.p. 126-159.

GLASSON, J.; THERIVEL, R.; CHADWICK, A. **Introduction to environmental impact assessment**. 2. 4.d. London. UCL Press, 1999.

GRAF, W.L. Geomorphology and American dams: the scientific, social, and economic context. **Geomorphology**, 71, (1-2), p. 3-26, out, 2005.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2006.



- GUTIERRES, H.E.P. **Proposta Metodológica para a avaliação dos impactos geomorfológicos a partir dos estudos de impacto ambiental das barragens de Serro Azul e Igarapeba no Estado de Pernambuco**. 2019. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.
- GUTIERRES, H. E. P.; RODRIGUES, J. O. N.; SANTOS, C. J. S.; PEREIRA, V. D. A abordagem da geomorfologia nos Estudos de Impacto Ambiental para fins de licenciamento no estado da Paraíba. **Revista Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 24, n. 57, p. 1-35, 2020.
- GUTIERRES, H. E. P., GIRÃO, O.; SILVA, C. S. da; GUERRA, A. J. T. Monitoramento de voçorocas na barragem Serro Azul, Mata Sul do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 24(2), 2023. p. 1-27.
- HICKIE, D.; WADE, M. Development of guidelines for improving the effectiveness of environmental assessment. **Environmental Impact Assessment Review** 18, p. 267-287, 1998.
- HOOKE, J. M. **Geomorphology in Environmental Planning**. Plymouth, John Wiley and Sons Ltd., 1988.
- HOOKE, J. M. Decades of change: contributions of geomorphology to fluvial and coastal engineering and management. **Geomorphology**, 31, p. 373-389, 1999.
- HOOKE, J. M. Changing landscapes: Five decades of applied geomorphology. **Geomorphology**, 366, p.1-10, 2020.
- HTUN, N. The EIA process in Asia and the Pacific region. In: WARREN, Peter (Ed.). **Environmental Impact Assessment: Theory and practice**. London: Routledge, 1988. p. 225-238.
- IBAMA. **Avaliação de Impacto Ambiental: Caminhos para o fortalecimento do licenciamento ambiental federal: resumo executivo**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2016.
- ITEP/OS. Instituto de Tecnologia de Pernambuco. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Sistema de Controle de Cheias da Bacia do rio Una – Barragem Serro Azul**. Recife, 2011.
- KONDOLF, M.; PIEGAY, H. Geomorphology and Society. In: GREGORY, K. J., GOUDIE, A. G. (Eds.), **The SAGE Handbook of Geomorphology**. SAGE Publications Ltd, London, 2011.
- LA ROVERE, E. L. (Coord.). **Manual de Auditoria Ambiental**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2011.
- LEE, N.; COLLEY, R. **Reviewing the quality of environmental statements**. Occasional ed. Manchester: EIA Center. Department of Planning and Landscape. University of Manchester, 1992.
- MANTOVANI, J. da C. **Geomorfologia Aplicada aos Estudos de Impacto Ambiental de empreendimentos rodoviários: subsídios aos órgãos ambientais brasileiros**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. São Paulo, 2015.
- MEITZEN, K. M.; DOYLE, M. W.; THOMS, M. C.; BURNS, C. E. Geomorphology within the interdisciplinary science of environmental flows. **Geomorphology**, 200, p. 143-154, 2013.
- MONTAÑO, M.; CARVALHO, A. F.; GOMES, C. S.; POLAZ, C. N. M.; JORDÃO, C. O.; SOUZA, M. P. Revisão da qualidade de estudos de impacto ambiental de pequenas centrais hidrelétricas. **Holos Environment**, 14, p. 1-14, 2014.
- MONTGOMERY, D.R. Geomorphology and restoration ecology. **Journal of Contemporary Water Research & Education**, 134, 16-19, jul, 2006.
- MORRIS, P.; THERIVEL, R. **Methods of environmental impact assessment**. 2. ed. London, GBR: UCL Press, 2001.
- MUNRO, D.A. *et al.* **Learning from Experience: A State of the Art Review and Evaluation of Environmental Impact Assessment Audits** Canadian Environmental Assessment Research Council, Hull, Quebec, 1986.
- PANIZZA, M. **Environmental geomorphology**. Amsterdam: Elsevier, 1996.
- PINHO, P.; MAIA, R.; MONTERROSO, A. The quality of Portuguese environmental impact studies: the case of small hydropower projects. **Environmental Impact Assessment Review**, 27, p. 189-205, 2007.
- REMO, J. W.; ICKES, B. S.; RYHERD, J. K.; GUIDA, R. J.; THERRELL, M. D. Assessing the impacts of dams and levees on the hydrologic record of the Middle and Lower Mississippi River, USA. **Geomorphology**, 313, p. 88-100, 2018.



RENSCHLER, C. S.; DOYLE, M. W.; THOMS, M. C. Geomorphology and ecosystems: Challenges and Keys for Success. **Geomorphology**, 89, p. 1-8, 2007.

RODRIGUES, C. **Geomorfologia aplicada: avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros**. 1997. 279f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. São Paulo, 1997.

RODRIGUES, S. C. Análise da fragilidade do relevo – abordagem empírico-experimental. **Sociedade & Natureza**, v. 12, n. 23, p. 167-189, jan./jun. 2000.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 14, n. 1, p. 69-77, 2001.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia Aplicada aos EIA's-RIMA's. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 3 ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2000.

SANDHAM, L.A.; CARROL, T.H.; RETIEF, F.P. The contribution of Environmental Impact Assessment (EIA) to decision making for biological pest control in South Africa: the case of Lantana camara. **Biological Control**, v. 55, n. 2, p. 141-149, 2010.

SANDHAM, L.A. *et al.* Does enhanced regulation improve EIA report quality? Lessons from South Africa. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 38, p. 155-162, 2013.

SADLER, B. **Environmental monitoring and audit: guidelines for post-project analysis of development impacts and assessment methodology**. Aberdeen: University of Aberdeen, 1989, p. 47.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

SILVA, M. L. Paisagem e geossistema: contexto histórico e abordagem teórico-metodológica. **Revista Geoambiente on-line**, v. 3, n. 5, p. 1-23, 2008.

THOMS, M. C.; MEITZEN, K. M.; JULIAN, J. P.; BUTLER, D.R. Bio-geomorphology and resilience thinking: Common ground and challenges. **Geomorphology**, v.305, p. 1-7, 2018.

VERONEZ, F. A. **Efetividade da avaliação de impacto ambiental de projetos no estado do Espírito Santo**. 2018. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) –Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

VILES, H., **Biogeomorphology**. Basil Blackwell, Oxford, 1988.

VILES, H. Biogeomorphology: Past, present and future. **Geomorphology**.366, p.1-15, 2020.

WILCOCK, D.; BRIERLEY, D.; HOWITT, R. V. Ethnogeomorphology. In: **Progress in Physical Geography**, Sydney/Austrália: Macquarie University, 2013. p. 1-28.