

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GABRIEL LIPPMANN

**Indicadores de impacto baseados nas características hidroenergéticas das
Usinas Hidrelétricas**

CURITIBA

2023

GABRIEL LIPPMANN

INDICADORES DE IMPACTO BASEADOS NAS CARACTERÍSTICAS
HIDROENERGÉTICAS DAS USINAS HIDRELÉTRICAS

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de Pós graduação, MBA em gestão estratégica em energias naturais renováveis, Setor de ciências agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Victor Veiga

CURITIBA

2023

Indicadores de impacto baseados nas características hidroenergéticas das Usinas Hidrelétricas

Nome do autor: Gabriel Lippmann

RESUMO

Como a principal fonte de geração elétrica no Brasil, as usinas hidrelétricas se destacam como fonte de energia renovável e de baixo custo, porém apesar de ser uma fonte renovável, apresenta grandes impactos ambientais em potencial. Responsável por cerca de 56% em 2021 da produção total de eletricidade no Brasil, segundo dados da EPE. Cerca de 4% desta geração oriunda de pequenas centrais hidrelétricas (PCH's) e centrais geradoras elétricas (CGH's) com esses números em vista, uma análise dos impactos ambientais ocasionados por grandes hidrelétricas e de pequeno porte se mostram pertinentes na tentativa de minimizar os impactos sobre o meio ambiente.

Com a expansão de um grande número de aproveitamentos é necessário avaliar maneiras de se buscar indicadores ligados às características hidráulicas e energéticas que demandem uma maior atenção quanto aos impactos ambientais mais significativos. Este artigo discute formas de se avaliar esses impactos com base em alguns grandes aproveitamentos hidrelétricos cujas interferências sejam, historicamente, relevantes.

Palavras-chave: Hidrelétricas 1. PCH's 2. Impacto 3. Ambiente 4. Estudo ambiental 5.

ABSTRACT

As the main source of electricity generation in Brazil, hydroelectric plants stand out as a renewable and low-cost source of energy, but despite being a renewable source, they have large potential environmental impacts. Responsible for around 56% in 2021 of total electricity production in Brazil, according to EPE data. About 4% of this Generation comes from small hydroelectric power plants (PCH's) and electrical generating plants (CGH's) with these numbers in mind, analysis of environmental impacts caused by large and small hydroelectric plans is relevant in an attempt to minimize the impacts on the nature.

With the expansion of a large number of uses, it is necessary to evaluate ways to seek indicators linked to hydraulic and energy characteristics that demand greater attention regarding the most significant environmental impacts. This article discusses ways to assess these impacts based on some large uses and whose interferences are historically relevant.

Keywords: Hydroelectric 1. PCH's 2. Impact 3. environment 4. Environmental study 5.

1 INTRODUÇÃO

Com a indústria de energia elétrica em constante expansão, a utilização de pequenas plantas hidrelétricas mostra um grande potencial a ser explorado para a composição da matriz elétrica brasileira. Em 2022 segundo dados publicados no site da ANEEL a expansão do setor elétrico obteve uma importante marca, uma ampliação na capacidade instalada de 8.235,1 MW, a segunda maior registrada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) desde sua fundação, dos quais 374,6 MW provenientes de centrais hidrelétricas.

Empreendimentos hidrelétricos com potência instalada superior a 5 MW, e igual ou inferior a 30 MW, e com área de reservatório de até 13 Km², excluindo a calha do leito regular do rio, são definidos pela ANEEL como pequenas centrais hidrelétricas (PCHs).

Segundo dados obtidos no site da ABRAPCH (Associação brasileira de PCH's e CGH'S'), contamos com 425 PCHs (pequenas centrais hidrelétricas), e 704 CGHs (centrais geradoras hidrelétricas), que juntas somam mais de 5,9 MW fiscalizada.

De acordo com o Plano Decenal de Expansão da Energia 2030 (PDE, 2030) da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a capacidade instalada de PCHs no Brasil deve aumentar para 8.900 MW.

Apesar de PCHs possuírem um porte menor que grandes centrais hidrelétricas, estas também possuem impactos ambientais, causados pelo alagamento da área de reservatório, pelo aumento nos níveis do rio, e pela fragmentação dos rios pela construção de barragens, ocasionando prejuízos a fauna e a flora local, assim como impactos sociais para moradores ribeirinhos que utilizam o rio como principal fonte econômica.

Este artigo tem como objetivo discutir formas de se avaliar impactos ambientais com base em indicadores selecionados de alguns empreendimentos hidrelétricos selecionados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Originado no ano de 1969, nos Estados Unidos, a lei da política nacional do meio ambiente (National Environmental Policy Act) deu por início como atividade

regular a ser realizada antes da tomada de decisões que possam causar consequências ambientais negativas, a avaliação de impactos ambientais.

Já no cenário nacional, a década de 70 foi marcada por um período de grande desenvolvimento econômico, e da construção de grandes hidrelétricas, como Itaipu e Tucuruí, o que ocasionou uma crescente preocupação com o impacto causado no meio ambiente, o que levou a aprovação da Lei 6938 da Política Nacional do Meio Ambiente em 31 de agosto de 1981, que incluía a avaliação de impacto ambiental como instrumento para uma análise ambiental. Porém foi com a Resolução CONAMA 1/86 (Conselho Nacional do Meio Ambiente), que o estudo de impacto passou de fato a ser aplicado.

2.1 RESOLUÇÃO CONAMA 001/86.

A resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986 ressalta em seu Artigo 1º a definição de impacto ambiental, sendo considerado impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetem?

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.

Já em seu artigo segundo, lista atividades das quais a elaboração do estudo de impacto ambiental (EIA) e seu respectivo relatório de impacto ambiental (RIMA) se mostra necessário para seu licenciamento, dentre todos se mostra necessário para obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como: barragem para fins hidrelétricos, acima de 10 MW, de saneamento ou de irrigação, abertura de canais para navegação, drenagem e irrigação, retificação de cursos d'água, abertura de barras e embocaduras, transposição de bacias, diques;

2.2 HIDRELÉTRICAS:

Com um grande potencial hidrelétrico em territórios nacionais ocasionado por nossa geografia, a energia hidrelétrica basicamente é gerada na transformação de energia potencial contida nas massas de água em energia elétrica.

De modo geral, o funcionamento de hidrelétricas se dá com o represamento de um rio, para criação de um reservatório, por meio da utilização de canais e tuneis de derivação, a água é direcionada para as turbinas hidrelétricas. Esta água ativa as turbinas gerando energia mecânica, esta energia mecânica por sua vez é utilizada para ativar um gerador elétrico, que a transforma em energia elétrica, transmitida por um sistema de transmissão nacionalmente interligado.

FIGURA 1 – estrutura de uma usina hidrelétrica:

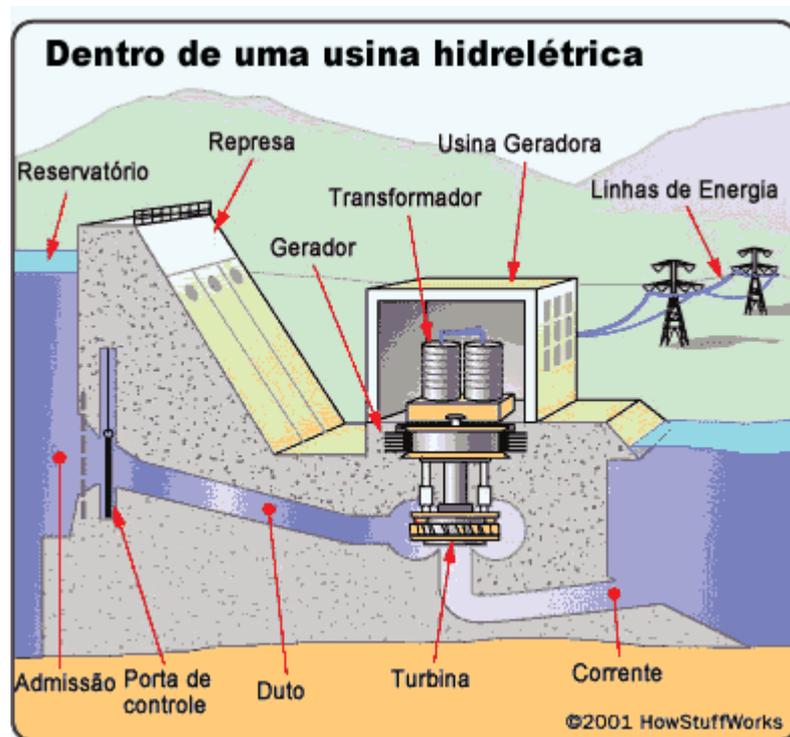


Figura 1: FONTE: https://azeheb.com.br/blog/como-e-gerada-a-energia-hidreletrica/?doing_wp_cron=1676814592.9621140956878662109375

Podemos agrupar os impactos em três principais categorias, meio físico, meio biótico, e meio socioambiental, que serão melhores analisados no capítulo da metodologia, entretanto, podemos salientar que para empreendimentos do seguimento hidrelétricos, os principais impactos ambientais são recorrentes da implantação de barragens, e a criação de reservatórios, com um possível acirramento de processo erosivos associados às obras de construção, perda de vegetação

proveniente do alagamento da área de reservatório, além de uma pressão sobre a fauna local.

2.3 ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL:

Como um instrumento do estudo de impacto ambiental (EIA), a avaliação de impacto ambiental (AIA) surge com o objetivo de ser um instrumento de gestão ambiental preventivo, incluindo na tomada de decisão uma avaliação das consequências ambientais de uma atividade. Em seus estudos, Sanchez (1995) analisa que a avaliação de impacto ambiental (AIA), deve ser utilizado como um instrumento de planejamento, visando buscar e identificar os efeitos de uma atividade humana sobre o ambiente.

Ainda segundo Sanchez (1995), a avaliação de impacto ambiental, pode ser melhor descrita, enquanto procedimento de uma política ambiental, como um conjunto de procedimentos:

- 1- A determinação da necessidade de uma atividade ser submetida a AIA;
- 2- A criação de termos de referência para a melhor condução de estudos específicos;
- 3- A elaboração de um estudo com caráter técnico denominado EIA;
- 4- A confecção de um documento de comunicação denominado RIMA;
- 5- A audiência pública;
- 6- Procedimentos para uma análise técnica e de revisão dos estudos apresentados;
- 7- A decisão quanto a aprovação do empreendimento;

Este estudo deverá levar em conta impactos para o meio físico, como alterações no clima, no relevo local, nas características do solo, qualidade da água superficial e subterrânea.

Já para o meio biótico, deve-se considerar alterações na vegetação, assim como alterações no ciclo de vida de aves, mamíferos, anfíbios, reptéis, peixes e insetos da área estudada.

Para o meio socioeconômico uma análise mais aprofundada da vida local se mostra necessária, para entender os possíveis impactos ocasionado pela atividade estudada.

2.4 AMBIENTE

Segundo Art (1998), Dulley (2004), o conceito de ambiente se expressa como o conjunto de condições que envolvem e sustentam os seres vivos na biosfera em sua totalidade ou parte dela, considerando elementos do solo, clima água e organismos.

Em seu livro, SÁNCHEZ, L. (2008), pondera que o conceito de ambiente, para o campo de gestão ambiental se apresenta como um conceito amplo pois pode englobar tanto a natureza como a sociedade, multifacetado porque pode ser apreendido sob diferentes formas e maleável pois ao ser amplo e multifacetado, pode ser reduzido e ampliado, a depender das necessidades envolvidas.

Podemos analisar o ambiente em três meios, meio físico, meio biótico e meio antrópico, a seguir, na figura 2, podemos observar a abrangência do conceito de ambiente em diferentes áreas do conhecimento.

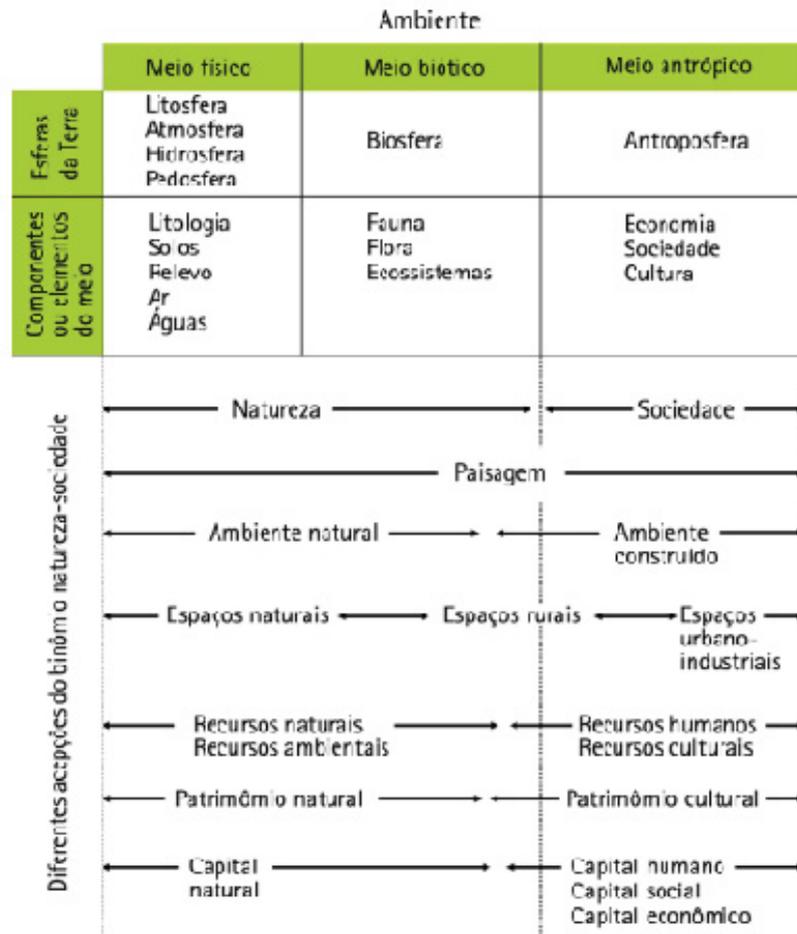


Figura 2: Abrangência do conceito de ambiente. figura obtida SÁNCHEZ (1995)

2.5 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

Podemos atribuir diversas interpretações ao objetivo e significado de impacto ambiental, a depender do ponto de vista e do propósito de avaliar impactos, por exemplo segundo (MUNN, 1975, p. 23.), a avaliação de impactos é uma atividade que busca identificar, prever, interpretar e comunicar informações sobre consequências de uma determinada ação sobre a saúde e bem-estar humano.

Já (HORBERRY, 1984, p. 269) pondera que a função que a avaliação de impacto ambiental serve para ajudar na tomada de decisão, levando em conta possíveis efeitos de investimentos em projetos sobre a qualidade ambiental e a produtividade de recursos ambientais.

A definição adotada pela *International Association for Impact Assessment* (IAIA): “avaliação de impacto, simplesmente definida, é o processo de identificar as consequências futuras de uma ação presente ou proposta”.

2.6 FERRAMENTAS:

Existem diversas ferramentas disponíveis no auxílio de uma equipe a identificação de impactos ambientais, porém em seu livro, SÁNCHEZ, L. (2008), destaca ferramentas prontas, e sua utilização demanda um razoável domínio dos conceitos subjacentes, assim como uma compreensão detalhada do projeto analisado e um entendimento da dinâmica socioambiental da região afetada.

Uma ferramenta utilizada na identificação de impactos, é a matriz, que recebe esse nome devido à sua forma, composta de duas listas, dispostas na forma de linhas e colunas. Em uma lista são dispostas as principais atividades ou ações que compõem o empreendimento analisado e na outra os principais componentes ou elementos do sistema ambiental, com o objetivo de analisar as possíveis interações entre elementos das linhas e colunas.

Em seu trabalho Leopold et. al. (1971) do serviço geológico dos Estados Unidos, foi o primeiro a apresentar uma ferramenta no formato de matriz, neste trabalho, os autores listam cem ações humanas atribuídas a possíveis impactos ambientais, e outra lista com 88 componentes ambientais que podem ser afetados por ações humanas, gerando então 8800 interações possíveis.

Dependendo do tipo de empreendimento, selecionasse as ações e os componentes ambientais pertinentes, para posteriormente identificar todas as interações possíveis, marcando a célula correspondente. Atribui-se uma pontuação de magnitude e importância da interação, em uma escala de 1 a 10. A magnitude é indicada no canto superior esquerdo da célula, e a importância é apontada no canto inferior direito.

A seguir, um exemplo de matriz utilizada na avaliação de impactos de uma usina hidrelétrica:

	Mobilização de terras	Sismicidade induzida	Instabilidade de taludes	Qualidade da água subterrânea	Produtividade de poços	Alterações nas características físico-hídricas dos solos	Alterações nos níveis de água	Erosão e sedimentação	Qualidade atual das águas	Qualidade das águas superficiais no
FASE DE IMPLANTAÇÃO										
Estudos preliminares de campo										
Aquisição de terras										
Incremento populacional	-3									
Implantação do canteiro de obras	-2					-1		-2	-1	
Construção e manutenção de estradas de serviço	-1					-2		-3		
Movimentação de máquinas, equipamentos e mater	-2					-2		-1		
Limpeza do terreno e remoção da vegetação	2					2		2	1	
Escavação em rocha a céu aberto e subterrânea	-6							-2		

Figura 3: Matriz de Leopold, (OLIVEIRA, 2009)

Porém a utilização de matrizes para o estudo de impactos ambientais apresenta algumas limitações, Perdicoúlis e Glasson (2009) apontam que matrizes sintetizam o que se deseja registrar e comunicar, facilitando a análise do estudo ambiental, e ponderam as limitações de divisão do ambiente em compartimentos estanques até a dificuldade de identificação de impactos cumulativos.

Para ajudar a superar algumas dessas dificuldades, surgiu a ideia de diagramas causais, ou redes de interação que relacionam sequências de causa e efeito a partir de uma ação impactante. Note que os diagramas de interação possibilitam evidenciar impactos indiretos de segunda e terceira ordem. Podemos observar um exemplo de diagrama na figura 4, onde se apresenta algumas consequências da atividade de terraplenagem sobre os ecossistemas aquáticos.

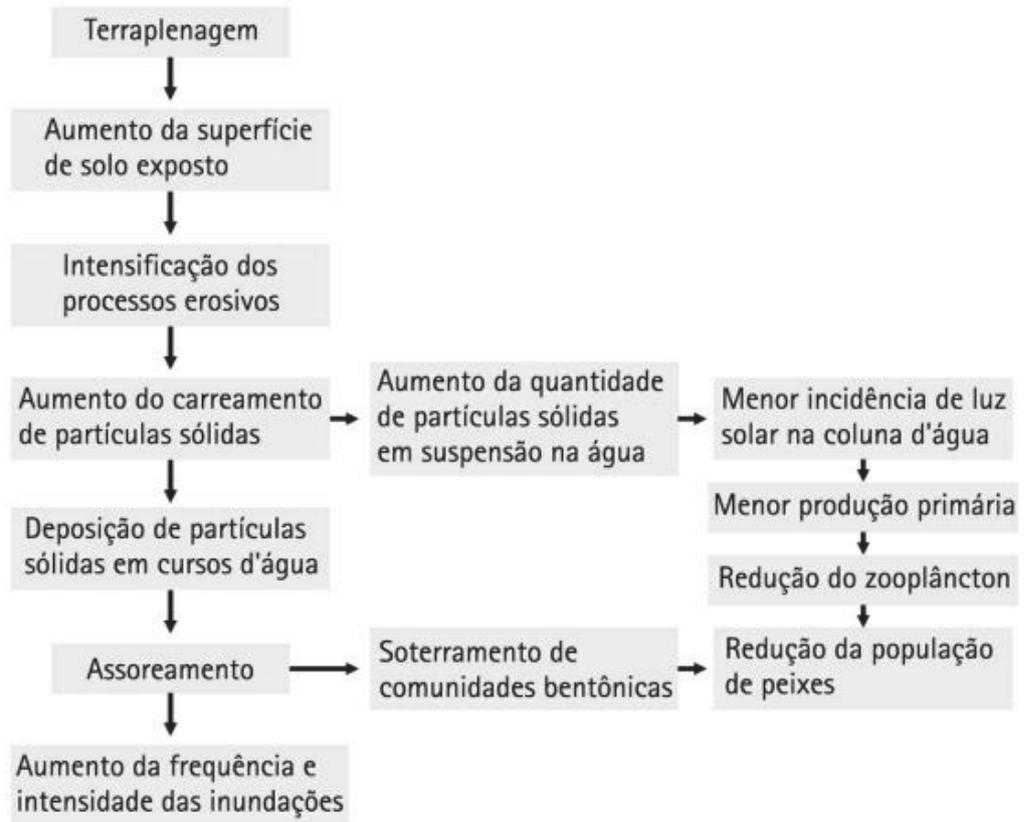


Figura 4: Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. (SÁNCHEZ, 2008)

2.7 AVALIAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DE IMPACTOS.

A avaliação de importância de impactos, não depende apenas de um trabalho técnico, mas também de um juízo de valor, tornando uma tarefa de alta complexidade, com características de subjetividade.

Em seu livro, SÁNCHEZ, L. (2008), destaca que a função desta etapa, é interpretar o significado dos impactos ambientais identificados, facilitar a comparação de alternativas, verificar a necessidade de medidas adicionais para reduzir impactos adversos e destacar impactos benéficos, analisar se os impactos adversos são aceitáveis, e se não forem, adotar medidas de modificação do projeto.

Considerando a característica subjetiva da classificação de importância, estudos de impacto ambiental devem sempre salientar os critérios de atribuição de importância que estão adotando em seu estudo. Para avaliação de importância de impactos ambientais, Erickson (1994) aponta considerações a serem feitas:

- Magnitude: estimativa qualitativa ou quantitativa da intensidade do impacto.
- Duração: estimativa de tempo que o impacto, se ocorrer, deverá durar.
- Reversibilidade: natural, ou por intermédio de intervenção humana.
- Relevância: levando em conta determinações legais, seguindo leis locais, nacionais ou tratados internacionais que se referem ao impacto ou elemento afetado.
- Probabilidade de ocorrência: estimativa qualitativa ou quantitativas da probabilidade de ocorrência do impacto.
- Distribuição social dos riscos e benefícios: a forma como o empreendimento impõe uma repartição desigual dos riscos e benefícios ambientais.

3 METODOLOGIA

Foi utilizado dados de oito usinas, localizadas em diversas regiões do Brasil, são elas: Balbina localizada em Presidente Figueiredo (AM), Miranda localizada em Indianópolis (MG), Samuel localizada em Candeias do Jamari (RO), Serra da Mesa localizada em Minaçu (GO), Tucuruí localizada em Tucuruí (PA), Itaipu localizada entre Foz do Iguaçu (PR) e a cidade de Hernandarias no Paraguai, Salto Caxias localizada entre o município de Capitão Leônidas Marques e Nova Prata do Iguaçu (PR), e por último a de Curitibanos localizada em Curitibanos (SC).

A seguir uma tabela com as principais características, obtidas do livro *Main Brazilian Dams*, das usinas selecionadas:

QUADRO 1 – Dados das Usinas.

Barragem	Região	área do reservatório (km ²)	altura da queda (m)	potência instalada (MW)	Potência/Área (MW/km ²)	Área/Queda líquida (km ² /m)	Potência/(Queda*Área) (kW/m*km ²)
Balbina	Norte	2360	53,35	250	0,106	44,236	1,986
Miranda	Sudeste	50,61	66,4	408	8,062	0,762	121,410
Samuel	Norte	600	40	216	0,360	15,000	9,000
Serra da Mesa	Centro-oeste	1784	154	1275	0,715	11,584	4,641
Tucuruí	Norte	2430	77	8330	3,428	31,558	44,519
Itaipu	Sul	1350	70	14000	10,370	19,286	148,148
Salto Caxias	Sul	131	67	1240	9,466	1,955	141,278
Curitibanos	Sul	3,32	37,1	13,6	4,096	0,089	110,415

Utilizam-se estes dados para uma análise de custo ambiental, levando em conta a área alagada do reservatório, potência instalada e queda líquida para traçar parâmetros que possam ajudar na toma de decisão da construção de um empreendimento hidrelétrico, como potência instalada por área alagada, área alagada por queda líquida, e potência por queda vezes área alagada.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Analisaremos a relação da potência instalada e elementos que caracterizam a usina, para uma análise de caracterização de usinas a partir desses parâmetros, em seguida a relação entre potência instalada e área do reservatório:

QUADRO 2 – potência instalada e área do reservatório.

Barragem	área do reservatório (km ²)	Potência instalada (MW)	Potência/Área (MW/km ²)
Balbina	2360	250	0,106
Miranda	50,61	408	8,062
Samuel	600	216	0,360
Serra da Mesa	1784	1275	0,715
Tucuruí	2430	8330	3,428
Itaipu	1350	14000	10,370
Salto Caxias	131	1240	9,466
Curitibanos	3,32	13,6	4,096

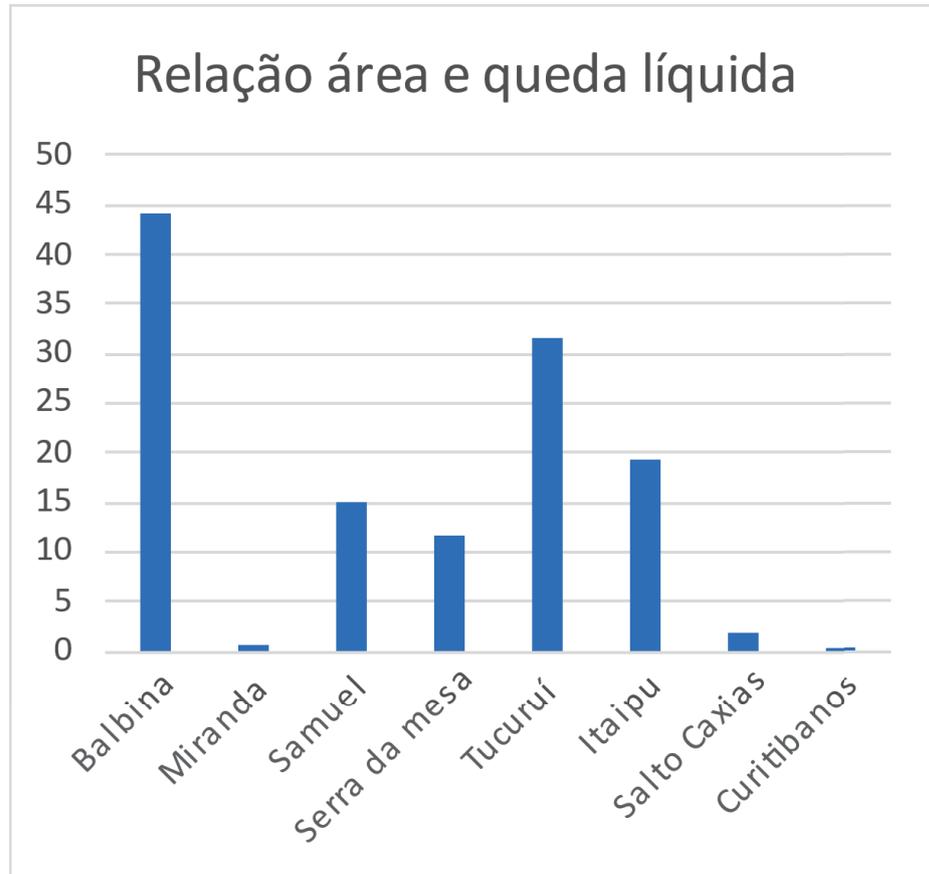
GRÁFICO 1 – Relação área do reservatório e potência.



QUADRO 3 – Area do reservatório e altura da queda.

Barragem	area do reservatorio (km ²)	altura da queda (m)	Área/Queda líquida (km ² /m)
Balbina	2360	53,35	44,236
Miranda	50,61	66,4	0,762
Samuel	600	40	15,000
Serra da Mesa	1784	154	11,584
Tucuruí	2430	77	31,558
Itaipu	1350	70	19,286
Salto Caxias	131	67	1,955
Curitibaanos	3,32	37,1	0,089

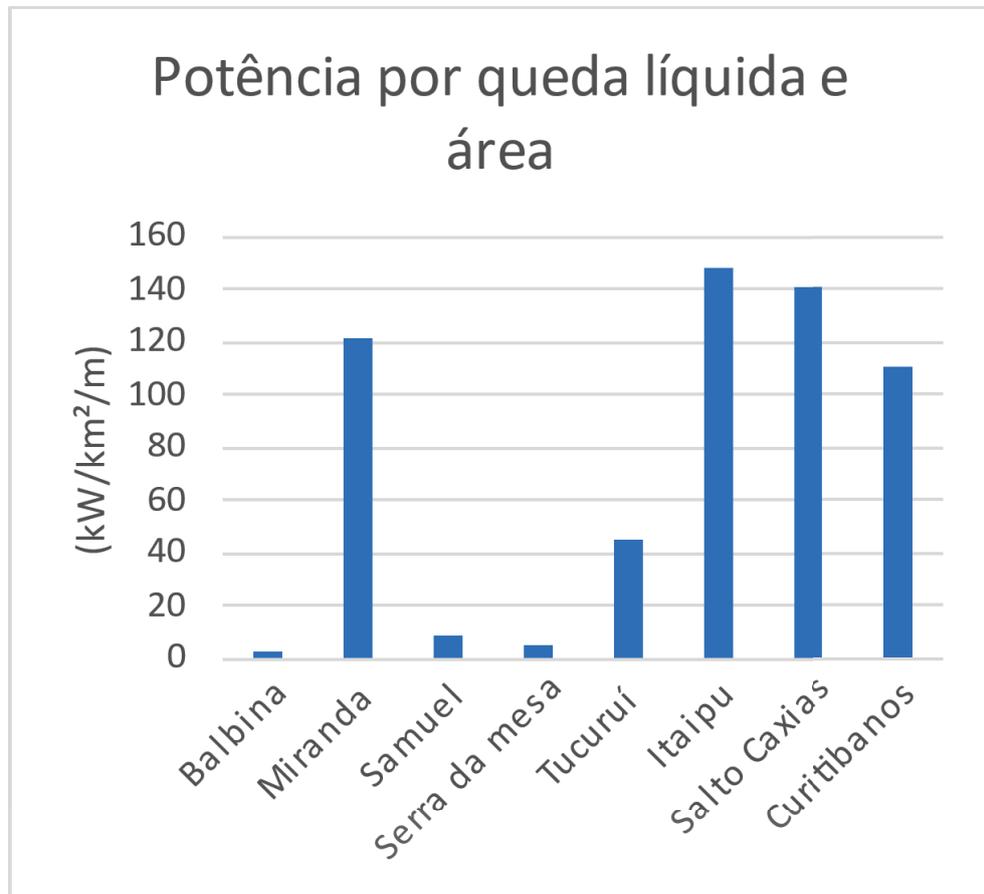
GRÁFICO 2 – Potência instalada X altura de queda.



QUADRO 3 – Potência por queda x área.

Barragem	área do reservatório (km ²)	potência instalada (MW)	altura da queda (m)	Potência/(Queda*Área) (kW/m*km ²)
Balbina	2360	250	53,35	1,986
Miranda	50,61	408	66,4	121,410
Samuel	600	216	40	9,000
Serra da mesa	1784	1275	154	4,641
Tucuruí	2430	8330	77	44,519
Itaipu	1350	14000	70	148,148
Salto Caxias	131	1240	67	141,278
Curitibanos	3,32	13,6	37,1	110,415

GRÁFICO 3 – Potência instalada por queda líquida vezes área.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que os principais impactos socioambientais decorrentes de usinas hidrelétricas são principalmente ocasionados pelas implantações de barragens, que ocasional liberação de gases do efeito estufa, a partir da decorrência do apodrecimento de vegetação alagada, impactos para a fauna decorrentes da secção dos rios e o aumento dos níveis dos rios, podemos fazer uma análise de custo-benefício de usinas analisando a potência instalada em relação a parâmetros da geração de energia.

Observando graficamente, podemos analisar que usinas com um grande reservatório e uma pequena potência instalada, ocasionam um grande impacto ambiental, com pouco benefício geracional. Podemos observar no gráfico 1, usinas com grandes reservatórios e pequena potência instalada, como é o caso de Balbina,

Samuel e Serra da mesa, o que indica um custo ambiental muito alto em relação ao benefício geracional.

Assim como indicadores visto no gráfico 2, pode indicar um custo-benefício negativo para usinas com áreas alagadas muito grandes e quedas de água pouco expressivas.

Por último podemos verificar no gráfico 3, de potência instalada por área alagada por queda líquida, a ineficiência de algumas usinas com relação ao custo ambiental.

Podemos seguir essa análise para pequenas centrais hidrelétricas (PCH's), considerando o tamanho do reservatório, e a potência instalada para termos um auxílio para tomada de decisões em empreendimentos hidrelétricos.

REFERÊNCIAS

ABASSI, S. A.; ABASSI, N. **The likely adverse environmental impacts of renewable energy sources**. Applied Energy, 65, 121-144, 2000.

SANCHEZ, L. E. **O processo de avaliação de impacto ambiental, seus papéis e funções**. In: LIMA, A. L. B. R.; TEIXEIRA, H. R. & SANCHEZ, L. E. (orgs.) A efetividade da Avaliação de Impacto Ambiental no Estado de São Paulo: uma análise a partir de estudos de caso. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Coordenadoria de Planejamento Ambiental, 1995. p. 13-19.

Brasil supera em 2022 os 8 GW de expansão na capacidade instalada disponível em <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/brasil-supera-em-2022-os-8-gw-de-expansao-na-capacidade-instalada>. Acesso em 09/03/2023.

PDE2030. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/PDE%202030_RevisaoPosCP_rv2.pdf. Acesso em 09/03/2023.

Numero de PCH's e CGH's no brasil. Disponível em: <https://abrapch.org.br/faq/numero-pchs-e-cghs-em-operacao-no-brasil/>. Acesso em 27/06/2023.

ART, H. **Dicionário de ecologia e ciências ambientais** (1998). São Paulo: UNESP/Melhoramentos.

DULLEY, R. (2004). **Noção de natureza, ambiente, meio ambiente, recursos ambientais e recursos naturais**. *Revista Agricultura em São Paulo*, 51(2), 15-26.

SÁNCHEZ, L. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

MUNN, R. E. Environmental impact assessment: principles and procedures. SCOPE report 5. Toronto: John Wiley & Sons, 1975.

HORBERRY, J. Status and application of environmental impact assessment (EIA) for development. In: ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT FOR DEVELOPMENT. Feldafing: Deutsche Stiftung für Internationale Entwicklung/United Nations Environment Program, 1984. Proceedings p. 269-377.

LEOPOLD, L. B. et al. **A procedure for evaluating environmental impact**. U.S. Geological Survey Circular, v. 645, Washington, 1971.

MÁRCIO L. de oliveira. **Sistematização da análise de impactos ambientais em UHE**. Trabalho de Diplomação apresentado ao departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do sul, para obtenção do título de engenheiro civil. Porto Alegre. P. 99. Dezembro 2009.

PERDICOÚLIS, A.; DURNING, B.; PALFRAMAN, L. **Furthering environmental impact assessment: towards a seamless connection between EIA and EMS**. Cheltenham: Edward Elgar, 2012.

ERICKSON, P. A. **A practical guide to environmental impact assessment**. San Diego: Academic Press, 1994.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF. Acesso em 27/06/2023.

The Brazilian Committee on Dams. Main Brazilian Dams – Design construction and Performance vol 2. CBSB. 2000.