



UNILAB

**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL
DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA
INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS**

MUNYARADZI BRIAN JUNIOR

**PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS E CENTRAIS GERADORAS
HIDRELÉTRICAS: IMPACTOS AMBIENTAIS**

REDENÇÃO-CE

2022

MUNYARADZI BRIAN JUNIOR

**PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS E CENTRAIS GERADORAS
HIDRELÉTRICAS: IMPACTOS AMBIENTAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Energias da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Orientadora: Prof. Dra. Rejane Félix Pereira

REDENÇÃO-CE

2022

Brian Junior, Munyaradzi. B849p

Pequenas centrais hidrelétricas e centrais geradoras hidrelétricas: impactos ambientais / Munyaradzi Brian Junior. - Redenção, 2022.
58f: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2022.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Rejane Félix Pereira.

1. Centrais Geradoras Hidrelétricas. 2. Hidrelétricas. 3. Impactos Ambientais. 4. Energia e sustentabilidade. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 621.3121

MUNYARADZI BRIAN JUNIOR

**PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS E CENTRAIS GERADORAS
HIDRELÉTRICAS: IMPACTOS AMBIENTAIS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energias, do Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Aprovado em: 03 de Fevereiro de 2022

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 REJANE FELIX PEREIRA
Data: 18/02/2022 16:56:18-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof.^a Dr.^a Rejane Félix Pereira (Orientadora)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Documento assinado digitalmente
 SILVIA HELENA DANTAS DE LIMA
Data: 18/02/2022 17:36:03-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof.^a Dr.^a Silvia Helena Dantas de Lima
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Documento assinado digitalmente
 MARCUS VINICIUS SOUSA RODRIGUES
Data: 18/02/2022 06:43:37-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Marcus Vinícius Sousa Rodrigues
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus, por me proteger durante esses anos todos longe de casa, e por me abençoar com a formação em Engenharia de Energias.

Agradeço aos meus familiares, principalmente à minha mãe Amelia Paulina Madau Simão pelo apoio que me deu durante esse período, pelo apoio moral para que eu não desistisse do curso, e tudo que ela fez por mim para que não me faltasse nada durante a minha formação. Ao meu irmão Paulo Diogo Simão que sempre fez o máximo para estar em contato comigo todos dias para que a distância não se fizesse sentir. À minha namorada Ivanize Daniella que esteve comigo todos dias, nos dias bons e ruins, em todas as noites que perdemos estudando e preparando o trabalho de conclusão de curso que hoje se tornam boas memórias e frutos do nosso suor. Aos meus colegas Guilherme Geremias Prata, Atália Canda, Dimas Texeira, Adeusa, Aguzildo, Carlos Pakini, Maria Eduarda, um enorme agradecimento pela amizade, força e lealdade durante esses todos anos do curso. Enorme gratidão à minha orientadora Dra. Rejane Félix, pela paciência e dedicação durante às aulas e principalmente durante o período de orientação do TCC. À Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, pela oportunidade que me deu em me formar no Brasil.

“O conhecimento nos faz responsáveis.”
(Che Guevara)

RESUMO

O uso da energia hidráulica na sociedade tem uma longa história que começou há mais de 2000 anos. A crescente demanda por energia elétrica e fontes renováveis, torna as centrais geradoras hidrelétricas e as pequenas centrais hidrelétricas atraentes alternativas para geração de energia, devido ao seu menor porte e menor custo de construção. Porém, por mais que a energia proveniente de centrais geradoras hidrelétricas e pequenas centrais hidrelétricas seja considerada energia limpa, a sua implantação causa impactos ao ambiente sejam eles positivos ou adversos. Este trabalho tem como objetivo abordar os impactos ambientais causados CGHs e pela PCHs nas suas diferentes fases, levando em consideração os critérios socioambientais necessários para implantação das usinas hidrelétricas. Através deste estudo, observou-se que a fase de implementação dos tipos de usinas estudados gera mais danos ao meio ambiente se fazendo necessário a implantação de medidas mitigadoras, principalmente a compensação de áreas degradadas. Concluiu-se ainda que, os impactos provocados pelas CGHs possuem menor magnitude do que os impactos provocados pelas PCHs, contudo, a geração por PCH mostrou-se mais vantajosa por atender uma maior demanda mesmo quem ambas apresentem medidas mitigadoras e de controle para todos os seus impactos adversos e ainda medidas potencializadoras dos seus impactos positivos.

Palavras-Chave: Centrais Geradoras Hidrelétricas; Pequenas Centrais Hidrelétricas; Impactos ambientais

ABSTRACT

The use of hydropower in society has a long history that began more than 2000 years ago. The growing demand for electric power and renewable energy sources makes hydroelectric generating stations and small hydroelectric plants attractive alternatives for power generation, due to their smaller size and lower construction costs. However, even though energy from hydroelectric generating stations and small hydroelectric plants is considered clean energy, their implementation causes impacts on the environment, whether positive or adverse. This paper aims to address the environmental impacts caused by CGHs and SHPs in their different phases, taking into account the social and environmental criteria necessary for the deployment of hydroelectric plants. Through this study, it was observed that the implementation phase of the types of plants studied generates more damage to the environment, making necessary the implementation of mitigating measures, especially the compensation of degraded areas. It was also concluded that the impacts caused by the CGHs are smaller in magnitude than the impacts caused by the SHP's. However, the generation by SHP's proved to be more advantageous for supplying a greater demand even though both present mitigating and control measures for all their adverse impacts and also measures to enhance their positive impacts.

Keywords: Hydroelectric Power Plants; Small Hydroelectric Power Plants; Environmental Impacts

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Primeira usina do Brasil.....	16
Figura 2 – Pequena Central Hidrelétrica.....	17
Figura 3 – Pequena Central Hidrelétrica de Fio D’água.....	18
Figura 4 – Pequena Central Hidrelétrica de Acumulação de Reservatório.....	19
Figura 5 – Central Geradora Hidrelétrica.....	20
Figura 6 – Reservatório.....	21
Figura 7 – Barragem.....	22
Figura 8 – Vertedouro.....	22
Figura 9 – Tomada d’água.....	23
Figura 10 – Conduto forçado.....	23
Figura 11 – Casa de força.....	24
Figura 12 – Turbina.....	24
Figura 13 – Gerador.....	25
Figura 14 – Canal de fuga.....	25
Figura 15 – Subestação.....	26
Figura 16 – Componentes de uma Usina Hidrelétrica.....	26
Figura 17 – Exemplo de um Checklist.....	32
Figura 18 – Matriz de Controle.....	33
Figura 19 – Exemplo do método de suposição de cartas.....	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características de empreendimentos hidrelétricos	41
Quadro 2 – Impactos ambientais na fase de planejamento.....	43
Quadro 3 – Impactos ambientais na fase de implantação.....	44
Quadro 4 – Classificação dos impactos ambientais	48
Quadro 5 – Impactos positivos das CGHs e PCHs	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIA – Avaliação de Impactos Ambientais

ANELL – Agencia Nacional de Energia Elétrica

CGH – Central Geradora Hidrelétrica

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

EIA – Estudo de Impactos Ambientais

IA – Impactos Ambientais

Km² – Quilômetros Quadrados

KW – Quilowatts

LI – Licenciamento de Instalação

LO – Licenciamento de Operação

LP – Licenciamento Prévio

MW – Megawatts

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

RIMA – Relatório de Estudo Ambiental

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 FONTES DE GERAÇÃO HÍDRICA	15
2.1 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH).....	17
2.1.1 Tipos de PCHs.....	18
2.2 Centrais Geradoras Hidrelétricas (GCH).....	19
3 COMPONENTES DE UMA USINA HIDRELÉTRICA.....	21
4 IMPACTOS AMBIENTAIS (IA) ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS (EIA) ...	27
4.1 Licenciamento Ambiental	29
4.2 Métodos de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)	30
4.2.1 Método <i>Ad hoc</i>	31
4.2.2 Método de Listagem de Controle (<i>Checklist</i>).....	31
4.2.3 Método de Matrizes de Controle	32
4.2.4 Método de Rede de Interação (Diagrama de Sistema)	33
4.2.5 Método de Suposição de Cartas	34
5 CRITÉRIOS SOCIOAMBIENTAIS BÁSICOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA HIDRELÉTRICA	36
6 IMPACTOS AMBIENTAIS DAS CENTRAIS GERADORAS HIDRELÉTRICAS E PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS.....	40
6.1 Impactos Ambientais na Fase de Planejamento	43
6.2 Impactos Ambientais na Fase de Implantação	44
6.3 Impactos Ambientais na Fase de Operação	48
6.4 Impactos Ambientais Provocados por PCHs.....	51
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

A matriz elétrica mundial tem como base a geração por combustíveis fósseis, o que a torna não sustentável, considerando a crescente demanda e os impactos ambientais provocados nesse tipo de geração. Assim, a fim de satisfazer essa procura por energia, muitos países têm concentrado esforços na busca de geração em fontes de energia renováveis ao invés de combustíveis fósseis que estão na iminência de esgotamento e podem contribuir para o aquecimento global.

A base da geração elétrica brasileira são as fontes hídricas, consideradas renováveis e sustentáveis, contudo, além dos impactos positivos, provocam impactos negativos de alta magnitude. Muitos desses impactos estão associados à construção do reservatório, que, ao longo do desenvolvimento dessas fontes, estavam cada vez maiores.

Assim, as centrais geradoras hidrelétricas (CGH) e pequenas centrais hidrelétricas (PCH) têm se apresentado como alternativas na geração de energia elétrica, por provocarem menor impacto ambiental negativo associado à construção do reservatório. Contudo, tem havido pouca investigação para apoiar essa afirmação, particularmente nas regiões tropicais e subtropicais onde estão a ser construídas as mais novas PCHs (OLIVEIRA, et al. 2020).

O crescente número de PCHs nas últimas décadas em relação ao número de CGH, é bastante considerável, e isso, vai de encontro a afirmativa de que as CGHs, por possuírem uma menor potência, e em sua grande maioria, não possuem reservatório, produzem impactos ambientais de menor magnitude, logo, comparar os impactos ambientais causados por pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e por centrais geradoras hidrelétricas (CGHs) é fundamental.

Nesse trabalho tem se como objetivo comparar os impactos ambientais causados pelas centrais geradoras hidrelétricas e pequenas centrais hidrelétricas. Para comparar os impactos ambientais desses dois tipos de geração, é importante enfatizar um pouco de sua história, os seus

equipamentos, bem como, apresentar um embasamento sobre impactos ambientais, estudos de impactos ambientais, métodos de avaliação de impactos ambientais e licenciamento ambiental.

Na implantação de usinas hidrelétricas, tem-se diversas ameaças ambientais, dentre elas, as mais conhecidas são: destruição do ecossistema, alteração do habitat físico, alteração da química da água e adições e remoções diretas de espécies, danos em habitats e organismos de água doce, esgotamento das zonas húmidas das planícies aluviais, diminuição dos sedimentos transporte, diminuição e extinção em populações de peixes devido à prevenção da migração dos peixes e movimentos, uma mudança significativa nos regimes de fluxo natural.

Na elaboração deste trabalho, diversos termos, conceitos e definições são utilizados para diagnosticar os impactos ambientais causados por centrais hidrelétricas de pequeno porte (CGH e PCH) em suas diversas fases, por meio da análise dos Relatórios de Impactos Ambientais (RIMA) de 6 PCHs e 2 CGHs, e revisão bibliográfica de livros, revistas, artigos científicos, monografias, teses e dissertações.

2 FONTES DE GERAÇÃO HÍDRICA

A ideia de utilizar a força de água para realizar atividades úteis aos seres humanos é bastante antiga. “A roda d'água horizontal, por exemplo, foi utilizada desde o século I a.C. pelos gregos e romanos para girar máquinas, operando com os mesmos princípios das turbinas modernas, e os moinhos de água, que já eram usados pelos europeus e pelos chineses com a finalidade de moer grãos.” (VIOLLET, 2017, p.570, tradução nossa).

Em 1885, com a compra da patente dos sistemas de transmissão de corrente alternada, iniciou-se o desenvolvimento de tecnologias que associam recursos hídricos e eletricidade, de acordo com Rossi (2010, p. 10),

Num breve histórico sobre o desenvolvimento dos sistemas de energia elétrica de corrente alternada começou quando George Westinghouse em 1885, nos Estados Unidos, comprou a patente relacionada aos sistemas de transmissão de corrente alternada desenvolvidos por L.Gaulard e J.D. Gibbs em Paris, e isso permitiu o desenvolvimento de tecnologias associadas ao recurso hídricos e a hidroeletricidade, começa a participar da matriz energética mundial há apenas 100 anos, mas por serem mais amplamente distribuídas do que os combustíveis fósseis e caracterizados por um fluxo contínuo e renovável teve o seu desenvolvimento mundial acelerado nas décadas de 70 e 80, quando o mundo passou pela Crise do Petróleo, quando o preço do barril de petróleo subiu muito e seu preço passou a inviabilizar o desenvolvimento e crescimento econômico mundial.

Além disso, tem-se também as barragens, que estão relacionadas com a geração de energia hidrelétrica, que mesmo não sendo desenvolvidas com esse intuito, passou a ser uma estrutura indispensável para grande geração de energia. Pereira (2015), afirma que um dos registros mais antigos de obras de engenharia é o da fundação da cidade de Memphis, junto ao rio Nilo, onde o primeiro faraó do início da dinastia egípcia, construiu uma barragem de alvenaria no rio Nilo.

Isto prova que os avanços na tecnologia hidrelétrica estavam se espalhando pelo mundo, porém com a chegada do colonialismo a construção de hidrelétricas de tamanho significativo não se fazia necessário devido ao grande custo.

Embora o desenvolvimento de uma turbina hidráulica possa remontar ao ano 1750, segundo Pereira (2015), a primeira dessas máquinas é creditada ao engenheiro francês Benoit Fourneyron em 1987.

No Brasil, a primeira usina hidrelétrica (Figura 1) foi construída em 1883. “A chegada das primeiras centrais hidrelétricas no Brasil aconteceu no final do século XIX e início do século XX e foi marcada pela presença de pequenos aproveitamentos hidroenergéticos.” (VIANA, 2000 p.1)

Figura 1- primeira usina do Brasil.



Fonte: Rossi, 2010.

De acordo com Pereira (2015), a primeira usina no Brasil foi construída no ribeirão do Inferno em 1883, afluente do rio Jequitinhonha na cidade de Diamantina em Minas Gerais. Esta tinha o intuito de ser usada para a exploração dos minérios. Alguns anos depois, também no estado mineiro, na cidade de Nova Lima, outra pequena usina foi criada e tinha os mesmos objetivos da primeira e, ainda, ser usada pela indústria. Assim, muitas outras unidades foram surgindo pelo resto do país, com intuito de alavancar os setores da mineração, agroindústria, serrarias e indústria têxtil.

Com isto, estas duas usinas geravam energia somente para uso industrial, não sendo usufruída diretamente pela sociedade.

América do Sul, em 1989 entrou em funcionamento a primeira usina cuja energia gerada era para uso de serviço de utilidade pública na, denominada Marmelos Zero.

2.1 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH)

“A definição do que seja uma pequena central hidrelétrica não é uma tarefa fácil considerando-se a grande variedade de classificações existentes entre os diversos países” (PINELI, 2005, p.18).

Segundo Bermann (2008, p.27) “Pequenas centrais hidrelétricas são usinas com potência instalada superior a 1 MW e igual ou inferior a 30 MW, que atendem aos requisitos das resoluções especificadas na Aneel.”

A resolução normativa nº 875 de 2020 da ANEEL, enquadra como sendo uma PCH:

Art. 5º Os aproveitamentos hidrelétricos com as seguintes características serão enquadrados como Pequena Central Hidrelétrica (PCH): potência instalada superior a 5.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW e área de reservatório de até 13 km² (treze quilômetros quadrados), excluindo a calha do leito regular do rio.

A figura 2 mostra a imagem de uma pequena central hidrelétrica (PCH), em que se percebe a dimensão reduzida do reservatório.

Figura 2 - Pequena central hidrelétrica.



Fonte: Front Couto e Olden, 2001.

2.1.1 Tipos de PCHs

As pequenas centrais hidrelétricas podem ser: PCHs a fio d'água, PCH de acumulação com regularização do reservatório, cujo esta regularização pode ser diária ou mensal (ELETROBRÁS, 2000).

PCH a fio d'água (Figura 3) é usual quando as vazões de estiagem do rio são iguais ou maiores que a descarga necessária à potência a ser instalada para atender à demanda máxima (MAGALHÃES, 2009).

Eletrobrás (2000, p.17) afirma que:

- PCH a fio d'água apresenta, dentre outras, as seguintes simplificações:
- dispensa estudos de regularização de vazões;
 - dispensa estudos de sazonalidade da carga elétrica do consumidor; e
 - facilita os estudos e a concepção da tomada d'água.

As barragens deste tipo de PCH são geralmente de pequeno porte, pelo fato de ter apenas a função de desviar a água para o circuito de adução, uma vez que as áreas inundadas são de pequenas extensões e volume (MAGALHÃES, 2009).

Figura 3 - PCH de fio d'água.



Fonte: Milhomem, 2015.

“PCH com regularização diária do reservatório é empregado quando as vazões de estiagem do rio são inferiores à necessária para fornecer a potência para suprir a demanda máxima do mercado consumidor e ocorrem com risco superior ao adotado no projeto” (ELETROBRÁS, 2000, p.18).

Nesse caso, o reservatório irá fornecer o adicional necessário de vazão regularizada.

De acordo com Eletrobrás (2000, p. 1), as PCHs de acumulação com regularização do reservatório mensal,

[...] consistem em um projeto que considera dados de vazões médias mensais no seu dimensionamento energético, analisando as vazões de estiagem médias mensais. Pressupõe-se uma regularização mensal das vazões médias diárias, promovida pelo reservatório.

Figura 4 - PCH de acumulação de reservatório.



Fonte: Milhomem, 2015.

2.2 Centrais Geradoras Hidrelétricas (GCH)

As Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGHs) são usinas hidrelétricas de tamanho e potência ainda menores que as PCHs.

De acordo com Queiroz (2010, p.1),

O aproveitamento de um potencial hidráulico para geração de energia, com potência instalada inferior a 1 MW, é definido como Central Geradora Hidrelétrica – CGH –, conforme mostrado no Guia do Empreendedor de Pequenas Centrais Hidrelétricas [1]. As

CGHs independem de concessão ou autorização, devendo, apenas, ser realizado um registro na Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

Por sua vez, a Resolução n. 875/2020, em seu art. 4º apresenta que “Os aproveitamentos hidrelétricos enquadrados como Central Geradora Hidrelétrica com Capacidade Instalada Reduzida (CGH) são aqueles cuja potência seja igual ou inferior a 5.000 kW.”

Uma das principais vantagens de uma CGH de energia (Figura 5) é o tempo de construção de uma unidade, e a outra vantagem é em relação ao custo de produção, já que o tempo de trabalho é menor e também o tamanho da estrutura. Outra Vantagem é que há uma dispensa de concessão, permissão ou autorização, incluindo os trâmites da ANEEL. Portanto a burocracia para construção de uma hidrelétrica com capacidade inferior a 5MW é muitíssimo menor do que as com maior capacidade.

Segundo o art. 8º da Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995,

O aproveitamento de potenciais hidráulicos e a implantação de usinas termoeletricas de potência igual ou inferior a 5.000 kW (cinco mil quilowatts) estão dispensados de concessão, permissão ou autorização, devendo apenas ser comunicados ao poder concedente

Figura 5 - Central Geradora Hidrelétrica.



Fonte: Rafael Machado Kieling, 2018.

3 COMPONENTES DE UMA USINA HIDRELÉTRICA

Independente da classificação das hidrelétricas, o princípio de funcionamento das usinas hidrelétricas é praticamente o mesmo, e seguem as seguintes etapas: a água, armazenada em um reservatório (represa), passa pela turbina fazendo-a girar. A turbina, por sua vez, está acoplada a um gerador que transforma a energia da turbina em energia elétrica (MISTURA 2018).

De acordo com Soares Jr (2013, p.5), as usinas hidrelétricas possuem os seguintes componentes básicos:

- Reservatório ou lago - local onde a água do rio é represada;

Figura 6 – Reservatório de uma usina hidrelétrica.



Fonte: Moreira, 2021

- Barragem - barreira física construída para acumular a água.

Figura 7 – Barragem.



Fonte: ENERGÊS, 2020

- Vertedouro - permite controlar o nível de água no reservatório em períodos de cheia, podendo ter ou não comportas.

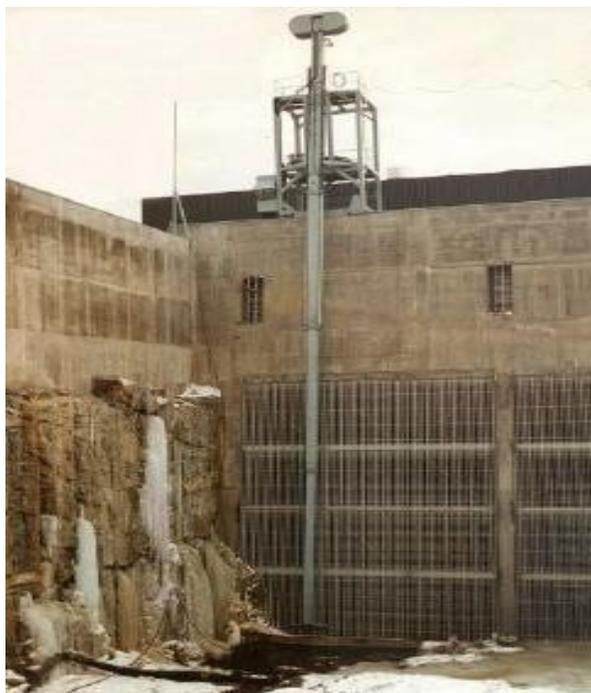
Figura 8 – Vertedouro.



Fonte: ENERGÊS, 2020

- Tomada d'água - estrutura que permite a condução da água do reservatório para a adução nas turbinas. É equipada com comportas de fechamento e grade de proteção.

Figura 9 – Tomada d'água.



Fonte: ENERGÊS, 2020

- Conduto forçado - canal que conduz a água sobre pressão para as turbinas, podendo ser externos ou subterrâneos.

Figura 10 - Conduto forçado.



Fonte: ENERGÊS, 2020

- Casa de força - local onde está localizado o grupo gerador-turbina e outros equipamentos auxiliares, e também onde se opera a usina.

Figura 11 – Casa de força.



Fonte: ENERGÊS, 2020

- Turbina - a água ao atingir a turbina a faz girar ocorrendo assim, a transformação da energia hidráulica em mecânica.

Figura 12 – Turbina com rotor Pelton.



Fonte: ENERGÊS, 2020

- Gerador - equipamento acoplado à turbina que transforma a energia mecânica disponível no eixo da mesma em energia elétrica.

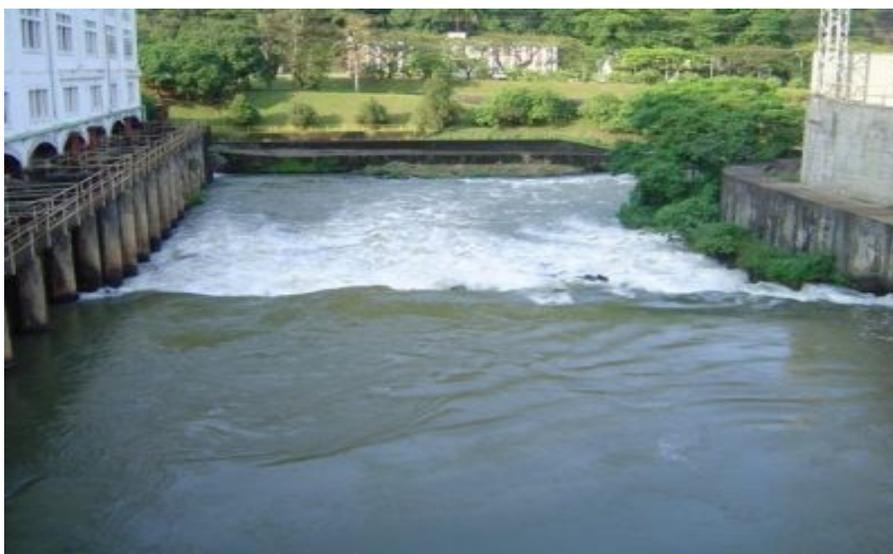
Figura 13 – Gerador.



Fonte: Schuncke, 2018

- Canal de fuga - canal por onde sai a água após ser turbinada.

Figura 14 - Canal de fuga.



Fonte: ENERGÊS, 2020

- Subestação - local onde a energia elétrica é transformada em alta tensão através de um transformador, para que possa ser transmitida a grandes distâncias pelas linhas de distribuição.

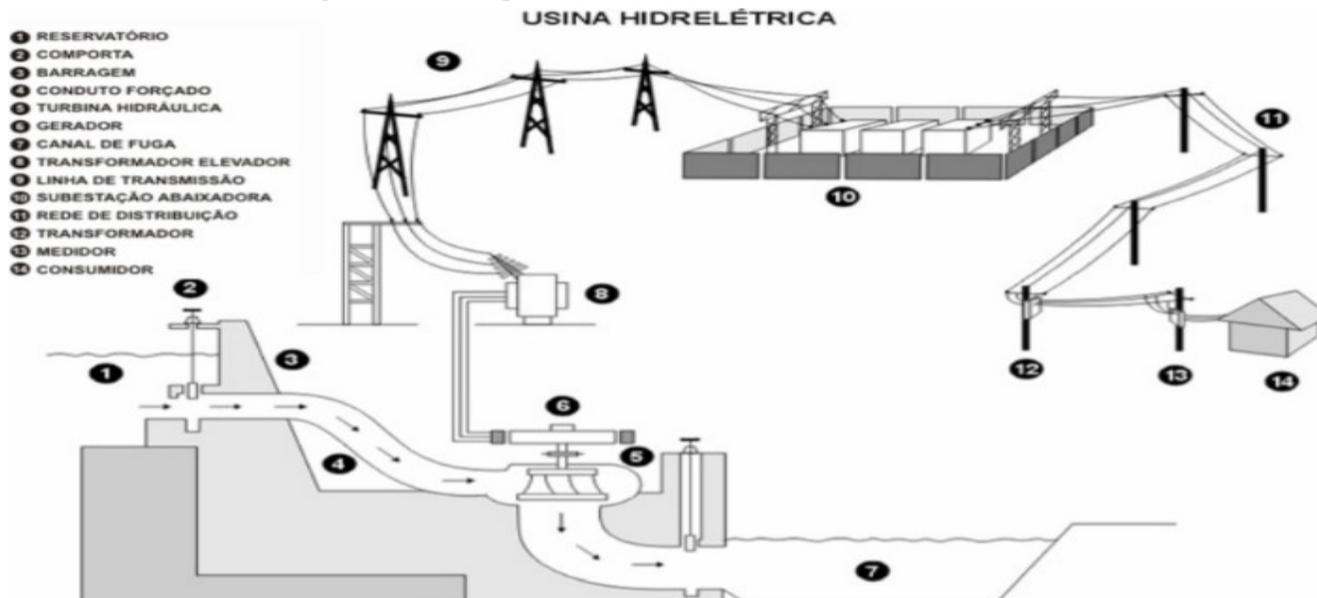
Figura 15 – Subestação.



Fonte: Eduardo, 2021

A figura 16 mostra o perfil esquemático de uma usina hidrelétrica.

Figura 16 - Componentes de uma Usina Hidrelétrica.



Fonte: Soares Jr, 2013.

4 IMPACTOS AMBIENTAIS (IA) E ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS (EIA)

A humanidade, durante sua evolução, utilizou em larga escala os recursos naturais, sendo que, no início era para sua sobrevivência, e posteriormente passou a explorar economicamente tais recursos. Aliado a esse fato, o crescimento populacional gerou, por conseguinte, aumento na demanda por recursos da Terra. Nessa perspectiva, houve um agravamento nos impactos gerados sobre o meio ambiente, gerando um desequilíbrio do ecossistema (CECCONELLO, 2009)

A definição de impacto ambiental é abordada em diversos trabalhos acadêmicos e normativas relacionadas ao meio ambiente, e se resume em qualquer modificação que ocorre no meio ambiente, seja ela positiva ou adversa. Spadotto (2002) e a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 001/86 definem impacto ambiental de maneira mais ampla.

Spadotto (2002, p.2) define impacto ambiental como sendo,

[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causado por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota e a qualidade dos recursos ambientais.

A Resolução CONAMA nº 001 de 1986, define impacto ambiental como sendo:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou 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 - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- IV - a qualidade dos recursos ambientais.

Os impactos ambientais provocados pela implantação e operação de alguns empreendimentos devem ser analisados com o objetivo de minimizá-los e/ou mitigá-los, assim, surge o estudo de impacto ambiental, que conforme estabelecido na legislação ambiental brasileira, é um documento de natureza técnica, que tem como finalidade avaliar os impactos ambientais gerados por atividades e/ou empreendimentos potencialmente poluidores ou que possam causar degradação ambiental.

De acordo com o Art. 6º da resolução nº 001 de 1986, do CONAMA, o estudo de impacto ambiental desenvolverá, no mínimo, o diagnóstico ambiental da área de influência do projeto, a análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, a definição das medidas mitigadoras dos impactos adversos, e a elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e adversos.

- Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto

Na realização do diagnóstico ambiental da área de influenciada pelo projeto, é apresentada uma descrição completa do cenário atual da área de influência do projeto, incluindo as análises de todos os recursos ambientais e suas interações, caracterizando o cenário completo antes da implantação do empreendimento.

Para esse diagnóstico deve-se considerar o meio físico, tais como, o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas; o meio biológico e os ecossistemas naturais, tais como, a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente; o meio socioeconômico, como o uso e ocupação do solo, os usos da água e a socioeconômica, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

- Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas

Na análise dos impactos ambientais do projeto, deve-se considerar as suas alternativas através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

- Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos

Nesta etapa definem-se as medidas mitigadoras dos impactos ambientais negativos, incluindo quando for o caso, os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos. Deve-se também prever a eficiência de cada uma dessas medidas.

- Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos

Nesta etapa faz-se o monitoramento dos impactos ambientais indicando os fatores e parâmetros a serem considerados. Ao determinar a execução do estudo de impacto ambiental, o órgão estadual competente fornecerá as instruções adicionais que se fizerem necessárias, pelas peculiaridades do projeto e características ambientais da área.

O Estudo dos impactos ambientais provocados por um empreendimento é importante para obtenção das licenças ambientais para sua concepção, instalação e operação.

4.1 Licenciamento Ambiental

A licença ambiental é uma autorização emitida por um órgão público onde estão estabelecidas as regras, condições, e medidas de controle ambiental onde devem ser seguidas pela empresa.

O art. 1º da resolução nº 237 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) define o licenciamento ambiental como sendo:

Procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

Licenciamento ambiental é obrigatório no Brasil desde 1981 com a promulgação da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA).

Segundo o art. 10 da lei 6938/81 da PNMA,

A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores, ou capazes de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento ambiental

Portanto, licenciamento ambiental é uma ferramenta de poder público para que as atividades que possuem um potencial poluidor, sejam realizadas de forma ambientalmente adequada sem que causem prejuízos descontrolados ao meio ambiente.

De acordo com o art. 8º da resolução nº 237 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o licenciamento ambiental está dividido em 3 etapas: licenciamento prévio (LP), licenciamento de instalação (LI) e licenciamento de operação (LO).

No licenciamento prévio, é verificado a viabilidade do empreendimento, a sua localização e tecnologia a ser empregado. No licenciamento de instalação, é autorizada a instalação do empreendimento seguindo as especificações contantes dos planos, programas aprovados no LP. No licenciamento de operação, é autorizada a operação do empreendimento, desde que as etapas descritas nos licenciamentos anteriores tenham sido seguidas.

4.2 Métodos de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)

Os impactos no meio ambiente provocados por atividades ou empreendimentos, ocorrem de maneira diferenciada nas distintas fases: fase de planejamento, fase de instalação e fase de operação. É muito importante que durante essas três fases se faça um levantamento dos impactos ambientais relacionados ao meio físico (ar, água, solo), meio biótico (fauna e flora) e também no meio antrópico ou socioeconômico. Para fazer a avaliação dos impactos ambientais deve-se, inicialmente, classificar os impactos quanto a sua natureza, duração, abrangência, temporalidade,

reversibilidade, magnitude e com isso teremos a avaliação de impactos ambientais (informação verbal)¹.

JESUS et al. (2021, p.38051) afirma que:

“A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), é um método organizado para identificar e avaliar os impactos positivos e negativos que a implantação de um plano, programa ou projeto pode ter sobre o meio ambiente, considerando seus elementos físicos, biológicos e socioeconômicos”

O principal objetivo de uma avaliação de impactos ambientais é basicamente evitar, reduzir, neutralizar ou compensar efeitos negativos de um produto ou empreendimento sobre o meio ambiente. Dentre os principais métodos, descrevem-se: Ad Hoc, listagem de controle (checklist), matrizes de controle, redes de interação e superposição de cartas.

4.2.1 Método *Ad hoc*

“Este método surgiu pela necessidade de tomada de decisões no que diz respeito à implantação de projetos, considerando o aparecer de especialistas em cada espécie de impacto resultante do projeto, além dos pontos econômicos e técnicos” (CREMONEZ *et al.* 2014, p.3822).

O método “ad hoc” pode ser como um método indicado para uma análise previa dos impactos prováveis de um projeto, sendo útil na definição da melhor alternativa a ser adotada. Como aplicação, ela tem avaliações rápidas, e como vantagens, uma rapidez e baixo custo, e como desvantagens, ela tem um alto grau de subjetividade (informação verbal)²

4.2.2 Método Listagem de Controle (*Checklist*)

¹ Informação fornecida por Professor Dr. Eduardo Lucena C. De Amorim da Universidade Federal de Alagoas, no PodCast +Eco sobre métodos de avaliação de impactos ambientais e aplicações, em abril de 2020.

² Informação fornecida por Professor Dr. Eduardo Lucena C. De Amorim da Universidade Federal de Alagoas, no PodCast +Eco sobre métodos de avaliação de impactos ambientais e aplicações, em abril de 2020.

Este método é muito usado nas pesquisas iniciais para a identificação dos impactos mais importantes. É direto e fácil de usar, pois contém uma lista de aspetos e critérios ambientais referindo-se as informações mais importantes (JESUS *et al.*, 2021).

A vantagem desse método, para além de ser realizada em curto espaço de tempo, proporciona menos gasto e é facilmente compreensível pelo público geral. Por outro lado, exhibe um alto grau de subjetividade, visto que considera a análise qualitativa e deixa de lado o caráter quantitativo da avaliação (CREMONEZ *et al.*, 2014). A figura 17 apresenta um exemplo de *checklist*.

Figura 17 - Exemplo de um *checklist*.

Impacto ambiental	Fases do projeto		
	Planejamento	Construção	Operação
1. Ruídos		X	X
2. Deterioração da Qualidade do Ar		X	X
3. Deterioração da Qualidade da Água		X	X
4. Erosão do Solo		X	X
5. Impactos na Fauna		X	X
6. Impactos na Flora		X	X
7. Melhoria da Economia Local e Regional	X	X	X
8. Segregação da população			X
9. Impactos Estéticos e Visuais		X	X

Fonte: OPAS, 2008.

4.2.3 Método Matrizes de Controle

A matriz de controle surgiu na tentativa de complementar as falhas do método checklist, no qual compõe uma relação de controle bidimensional entre os efeitos e impactos ambientais (CREMONEZ *et al.*, 2014).

Tal método é muito eficiente na identificação de impactos diretos, visto que tem por objetivo relacionar as interações entre fatores ambientais e os componentes do projeto. Dessa forma, é mais fácil reconhecer os efeitos que proporcionam maior impacto e os que afetam os fatores mais relevantes (JESUS *et al.*, 2021)

O método de matrizes de controle tem como vantagens: forte poder de síntese indicando o relacionamento especial, as condições com e sem projeto são facilmente comparadas, e é recomendado para grandes projetos de desenvolvimento na seleção de alternativas (OLIVEIRA; MEDEIROS, 2007).

Na figura 18 pode-se observar exemplo de uma matriz de controle de um aterro sanitário.

Figura 18 - Matriz de controle.

AÇÕES PROPOSTAS	CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS	MEIO FÍSICO						MEIO BIÓTICO				MEIO ANTROPÓICO											
		SOLO			ÁGUA			AR															
		TOPOGRAFIA	EROSÃO	SUPERFICIAL	SUBTERRÂNEA	ODORES	GASES	RUIDOS	FLORA	FUNA	INSETOS/RODENTES	CULTURAS/PSICOLÓGICOS	PANORAMA	AGRICULTURA/PECUÁRIA	HABITAÇÃO	SUADE	LAZER	TRÁFEGO	VALOR PATRIMONIAL	GERAÇÃO DE DEJEITOS	DESENVOLVIMENTO/TECNOLOGIA	GERAÇÃO DE SUB-PRODUTO	
X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂		
DIFUSÃO DA NOTÍCIA	Y ₁		M																				
DESAPROPRIAÇÃO DA ÁREA	Y ₂																						
ABERTURA DE VIAS DE ACESSO	Y ₃		M	M																			
DESMATAMENTO	Y ₄		B	A																			
ABERTURA DE TRINCHERAS	Y ₅		A	A																			
DESATIVAÇÃO DOS ATUAIS DEPÓSITOS DE LIXO	Y ₆				A	A	A	M															
TRANSPORTE DE LIXO PARA O ATERRO	Y ₇																						
DESCARREGAMENTO DO LIXO	Y ₈			M	B	A																	
COMPACTAÇÃO E RECOBRIMENTO DO LIXO	Y ₉																						
INTERCEPÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS	Y ₁₀			M	A	A	A	A															
DRENAGEM DE GASES	Y ₁₁																						
CONTROLE DE CHORUME	Y ₁₂																						
IMPLANTAÇÃO DE FAIXAS DE PROTEÇÃO	Y ₁₃			M	M	B	M																
APROVEITAMENTO FUTURO DA ÁGUA	Y ₁₄																						

Fonte: OPAS, 2008.

4.2.4 Método Redes de Interação (Diagramas de Sistema)

Através das redes de interação, é possível relacionar uma sequência de impactos, a partir de uma determinada ação.

De acordo com (CREMONEZ et al., 2014), “essa metodologia visa o estabelecimento de uma sequência de impactos ambientais provenientes de determinada intervenção, representando-os utilizando gráficos”.

Ou seja, neste método são utilizados diagramas, gráficos ou fluxogramas, mostrando a cadeia de modificações que ocorrem, ou seja, os impactos diretos e indiretos que podem resultar de um empreendimento.

Este método possui como vantagem, a abordagem integrada de impactos e interações, porém por outro lado não detecta a importância relativa dos impactos, aspectos temporais e espaciais, e a dinâmica dos sistemas (JESUS et al., 2021).

4.2.5 Método de Superposição de Cartas

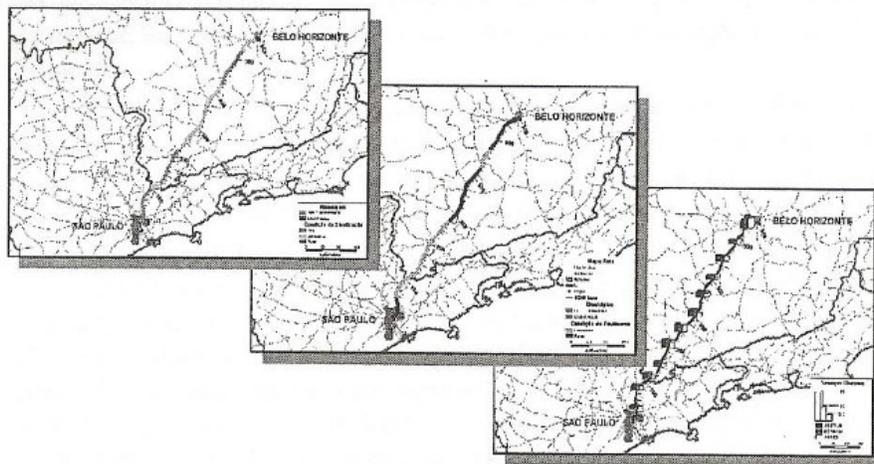
“Superposição de cartas são métodos que utilizam a cartografia desenvolvida no planejamento do território” (JESUS et al., 2021, p.18).

Este método busca tornar a tecnologia cartográfica adequada para a sua aplicação na avaliação dos impactos ambientais, objetivando localizar e determinar o grau de impacto ambiental por meio de fotos das áreas colocadas (JESUS et al., 2021).

O método envolve a composição de uma série de mapas temáticos, cada um representando características culturais, sociais e naturais que reproduza influência. Os mapas podem ser incluídos para obter informações completas sobre as condições ambientais de uma determinada área geográfica, sendo capaz de ser produzidos conforme a concepção de vulnerabilidade ou capacidade dos recursos ambientais (CREMONEZ et al., 2014).

A superposição de cartas apresenta como desvantagens a subjetividade dos resultados, a limitação na quantificação dos impactos e a difícil integração de impactos socioeconômicos. Em contrapartida apresenta uma boa visualização e exposição de dados (CREMONEZ et al., 2014).

Figura 19 – Exemplo do método de suposição de cartas.



Fonte: Nicodemo, 2017

5 CRITÉRIOS SOCIOAMBIENTAIS BÁSICOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA HIDRELÉTRICA

Os estudos ambientais dos grandes e pequenos empreendimentos hidrelétricos não são elaborados apenas na etapa de solicitação do licenciamento. Eles são iniciados logo nos estudos de inventário hidrelétrico da bacia hidrográfica. Assim, a implantação de um empreendimento hidrelétrico tem como um dos principais critérios, socioambientais, que associados aos critérios econômicos definem a viabilidade da implementação da usina, baseando-se uma maximização da eficiência energética econômica, ao mesmo tempo em que se minimiza os impactos sociais e ambientais adversos, além de considerar os impactos socioambientais positivos ao longo da bacia (ELETROBRÁS, 2007).

Segundo Eletrobrás (2007, p.35),

Os critérios de natureza socioambiental referem-se à análise dos impactos socioambientais negativos e positivos das alternativas de divisão de queda sobre a área de estudo

A análise dos impactos socioambientais negativos está relacionada ao objetivo de minimização destes para subsidiar a escolha da melhor alternativa de divisão de queda. A análise dos impactos socioambientais positivos está relacionada com a consideração destes na decisão final sobre a alternativa a ser selecionada.

As alternativas de divisão de quedas estão relacionadas às áreas de influência onde serão construídas barragens, e conseqüentemente, os reservatórios, e ainda casas de máquinas.

Os critérios adotados na pesquisa socioambiental adaptam os métodos, ferramentas e procedimentos comuns de avaliação de impacto ambiental aos requisitos e características da pesquisa de impacto ambiental. Os critérios descritos a seguir devem orientar a sistematização do conhecimento sobre as principais questões socioambientais e a identificação das fragilidades ambientais, potencialidades socioeconômicas, bem como as principais sinergias e efeitos cumulativos resultantes da implantação da alternativa de divisão de queda selecionada.

Dos critérios socioambientais para a implantação de uma usina hidrelétrica tem-se: área de estudo, sistema ambiental, componente-síntese, avaliação dos impactos ambientais, sensibilidade, fragilidade e potencialidade.

- Área de Estudo

Os limites da área de estudo deverão ser definidos na etapa de Planejamento dos estudos, ajustando sempre que necessário e respeitando as especificidades dos processos ambientais envolvidos que, com frequência, não estão restritos a limites fisiográficos. A área de estudo deve ser delimitada de forma a permitir a análise dos processos socioambientais inerentes à bacia hidrológica invertida, e a bacia deve ser incluída como um todo.

- Sistema Ambiental

De acordo com o Eletrobrás (2007, p.42), entende-se como sistema ambiental, “o conjunto dos elementos existentes na área de estudo, incluindo seus atributos ou qualidades, as funções que exercem nos processos e suas interações.”

A análise do sistema ambiental requer um enfoque multi e interdisciplinar sobre os processos físico-bióticos, sociais, culturais, econômicos, políticos e das respectivas inter-relações.

- Componentes-Síntese

Os componentes-síntese são compostos por 6 elementos ambientais que são denominados “elementos de caracterização” (SOUSA, 2000).

De acordo com o Eletrobrás (2007), os componentes-síntese tem como objetivo permitir a compreensão da globalidade dos processos, segundo os quais os elementos ambientais integram; evidenciar as questões de maior relevância que emergem das interações aproveitamento hidroelétrico/alternativa-área de estudo; conferir seletividade ou poder de diferenciação na comparação entre alternativas.

- Sensibilidade, Fragilidade e Potencialidade.

Segundo o Manual De Inventário Hidroelétrico De Bacias Hidrográficas (2007, p.43), sensibilidade de uma área pode ser definida como, “a propriedade de reagir que possuem os sistemas ambientais e os ecossistemas, alterando o seu estado de qualidade, quando afetados por uma ação humana”.

O conceito de fragilidade ambiental diz respeito “à suscetibilidade do meio ambiente a qualquer tipo de dano, inclusive à poluição” (VEROCAI, 1997, p.120).

Por sua vez, o Manual De Inventário Hidroelétrico De Bacias Hidrográficas (2007), afirma que a potencialidade de uma área ou o potencial de uma região está relacionada à existência de aspectos propensos a mudanças benéficas devido à implantação de empreendimentos hidrelétricos.

- Avaliação dos Impactos Socioambientais

A avaliação dos impactos socioambientais tem por objetivo primário apoiar na comparação e seleção das alternativas de divisão de queda, e também indicar as principais questões socioambientais relacionadas aos aproveitamentos (Eletrobrás, 2007).

O manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas apresenta vários critérios que devem orientar na avaliação socioambiental, dentre eles estão os indicados a seguir:

Impacto Socioambiental Negativo – é definido como qualquer alteração desfavorável causado pelo aproveitamento ou conjunto de aproveitamentos sobre o sistema socioambiental.

A avaliação de impactos socioambientais negativos deve abranger o controle, a mitigação e a compensação dos impactos no sistema ambiental sendo atuado, ou seja, deve conter a identificação das alterações desfavoráveis e as soluções para que não ocorra tal alteração, as ações que reduzam as consequências dos impactos e ações que compensem os impactos causados quando a reparação é impossível.

Impacto Socioambiental Positivo – é qualquer alteração favorável causado pelo aproveitamento

ou conjunto de aproveitamentos sobre o sistema socioambiental.

A avaliação dos impactos socioambientais positivos deve contemplar a identificação das alterações favoráveis ao sistema ambiental. Esta avaliação só é realizada nos estudos finais do inventário e as alterações causados pelo ambiente sobre os aproveitamentos deverão, sempre que possível, ser identificados para subsidiar o projeto de engenharia.

Processo Impactante – “Consiste em um conjunto de alterações potencialmente desencadeadas por um aproveitamento ou conjunto de aproveitamentos sobre os processos naturais e sociais preexistentes na área de estudo” (ELETROBRÁS, 2007, p.45).

Indicador de Impacto – é definido como uma ferramenta que orienta a avaliação dos impactos socioambientais sob um sistema ambiental. Estes indicadores são a combinação de uma ou mais variáveis para caracterizar efeitos esperados para locais na bacia hidrográfica.

Critérios de Avaliação – para cada um dos indicadores, irão ser definidos os critérios de avaliação que irão orientar a atribuição dos graus de impacto.

Índice Social – É o valor numérico que mostra a intensidade do impacto socioambiental, variando de escala contínua sendo 0 (zero) o impacto mínimo até 1 (um) que é o máximo impacto.

6 IMPACTOS AMBIENTAIS DAS CENTRAIS GERADORAS HIDRELÉTRICAS E PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

A energia hidráulica é, sem dúvida, muito importante para o desenvolvimento de um país. Porém a implantação dessa energia traz consigo não só benefícios, mas também impactos negativos de ordem social, cultural, econômica e ambiental.

As centrais geradoras hidrelétricas (CGHs) e as pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), por serem menores, demandam menor custo para sua construção e causam menores agravos ambientais, pois não alagam grandes áreas, preservando o habitat natural das espécies que vivem próximas a elas, além disso, podem ser construídas em rios com menor vazão, onde esses proporcionam para a descentralização da geração de eletricidade no local.

Contudo, os principais impactos desses empreendimentos encontram-se na etapa de implementação, pois envolve imensas obras e remoção de grandes quantidades de vegetação e solo. Conforme Setani e Braun (2020), nesta etapa, também ocorre o maior número de impactos negativos, pois, a retirada da cobertura vegetal e movimentação de terras provoca uma modificação permanente da paisagem natural. Logo, dentre os impactos ambientais causados pelas centrais hidrelétricas, o represamento e a formação do lago é o maior deles (FRANCO; NASCIMENTO; SANTOS, 2019).

Com isso, para verificação dos impactos provocados pela implementação das PCHs e CGHs, foram analisados os relatórios de impacto ambiental de 8 empreendimentos hidrelétricos, cujas características estão apresentadas no quadro 1. A escolha destas usinas foi baseada na resolução normativa nº 875 de 2020 da ANEEL que define PCH como sendo usina que contem potência entre 5 a 30MW com área do reservatório (quando houver) menor que 13km² e CGH que contém potência inferior a 5MW. Outro critério utilizado na escolha dessas usinas foi cada uma conter um relatório de impactos ambientais atualizado, publicado a partir de 2010.

Quadro 1 - Características de empreendimentos hidrelétricos.

Nome do empreendimento	Classificação (CGH, PCH)	Município/UF	Bacia	Potência (MW)	Quantidade de turbinas	Tipo de turbinas	Ano de elaboração do relatório
Foz de corrente I	PCH	Goiás	Rio Paranaíba	26	-	-	2016
Santa Leopoldina	PCH	Espírito Santo	Rio Santa Maria	11	3	Francis de eixo horizontal	2010
Glicério	PCH	Rio de Janeiro	Macaé – Rio São Pedro	11,2	2	Francis de eixo horizontal	2014
Teles Pires	CGH	Mato Grosso e Pará	Rio Tele Pires	1,820	6	Francis de eixo vertical	2010
Santa Luzia	PCH	Santa Catarina	Rio Chapecó	28,5	3	Francis de eixo horizontal	2010
São Jerônimo	PCH	Paraná	Rio Iguaçu e Rio Paraná	15,50	3	Francis de eixo horizontal	2019
Areado	PCH	Mato Grosso do Sul	Rio Indaiá Grande e Rio Sucuriú	16	2	Kaplan S	2010
Cerne	CGH	Paraná	Rio do Cerne	2	2	Francis de eixo vertical	2016

Fonte: o próprio autor, adaptação relatórios de impactos ambientais (RIMA).

Ao se analisar cada um dos relatórios de impactos ambientais observou-se que as metodologias de avaliação mais utilizadas foram *Ad hoc* e o *Checklist*, de maneira individual e combinadas. Essas metodologias foram as mais utilizadas devido a facilidade de visualização dos possíveis impactos gerados pelas usinas, buscando mensurar, comparar e avaliar as transformações que as atividades podem vir a gerar na área de influência.

Todos relatórios seguem a mesma estrutura indicada na resolução Conama nº1 de 1986, ou seja, todos relatórios apresentam no mínimo:

- As finalidades e justificativas do projeto e sua relação com políticas setoriais e planos governamentais.
- A descrição e alternativas tecnológicas do projeto (matéria prima, fontes de energia, resíduos etc.).
- Um resumo do diagnóstico ambiental da área de influência do projeto.
- Uma descrição dos prováveis impactos ambientais da implementação da atividade e dos métodos, técnicas e critérios usados para sua identificação.
- A caracterização da futura qualidade ambiental da área, comparando as diferentes situações da implementação do projeto, além da possibilidade da sua não realização.
- Uma descrição do impacto esperado das medidas mitigadoras associadas aos efeitos negativos e o grau de alteração esperado.
- Um programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos.
- Por fim, a conclusão e comentários gerais.

Para todas as usinas foram realizados o diagnóstico ambiental em que foram desenvolvidos os levantamentos pertinentes aos elementos físicos, bióticos, sociais, culturais e econômicos das áreas direta ou indiretamente afetadas pelas obras, efetuando-se, a partir desses levantamentos, uma completa caracterização dos ecossistemas e das atividades humanas na situação anterior à implantação do empreendimento.

Para cada usina, os impactos ambientais avaliados em cada fase do projeto, e para cada impacto ou grupo de impactos, foram apresentadas as ações necessárias para mitigá-los ou compensá-los.

Os impactos ambientais apresentados nos RIMAs das hidrelétricas estudadas foram analisados conforme a fase dos empreendimentos e os meios impactados. Os impactos negativos ou adversos comuns entre estas 8 usinas hidrelétricas foram classificados em significância (pequena, média e grande), estabelecendo-se para essa classificação, um limite de aceitação de dano baseado em sua gravidade e no estado de conservação e capacidade de resiliência do ecossistema. Quanto ao prazo, os impactos foram classificados em imediato, médio e longo prazos, considerando o tempo em que

os efeitos do impacto irão se manifestar no local; e classificado quanto à reversibilidade considerando as probabilidades do impacto ser reversível ou irreversível.

6.1 Impactos Ambientais na fase de planejamento

Os impactos ambientais mais comuns apresentados na fase de planejamento dos empreendimentos estudados e suas respectivas ações estão descritos no quadro 2.

Quadro 2 – Impactos ambientais na fase de planejamento.

Meio Ambiente	Impactos Negativos	Impactos Positivos	Ações
Meio biótico		Ampliação do conhecimento científico -	Resgate de fauna, quando necessário, comunicação social, educação ambiental
Meio socioeconômico e cultural	Expectativas e preocupações dos proprietários e produtores rurais, da comunidade e do poder público	Expectativas e preocupações dos proprietários e produtores rurais, da comunidade e do poder público	Negociações de terras e comunicação social

Fonte: o próprio autor, adaptação relatórios de impactos ambientais (RIMA).

Observou-se que a geração de expectativas é classificada como um impacto positivo e negativo, visto que se trata da expectativa da população local e do poder público municipal frente a contratação de mão-de-obra local causado a partir da divulgação do empreendimento, de cumulatividade e sinergia presentes.

Com relação à ampliação do conhecimento específico, é um impacto positivo, pois a fauna e a flora regional passam a ser catalogada, e além disso, há todo um trabalho em comunicar e ouvir a população, transmitido conhecimentos ambientais, o que culmina na educação ambiental.

6.2 Impactos Ambientais na Fase de Implantação

Nesta fase ocorrem o maior número de impactos negativos. No quadro 3 estão descritos os impactos ambientais mais comuns entre as hidrelétricas estudadas e suas respectivas ações.

Quadro 3 – Impactos ambientais na fase de implantação.

(continua)

Meio Ambiente	Impactos Negativos	Impactos Positivos	Ações	Significância	Prazo	Reversibilidade
Físico	Alteração da qualidade de água	-	Construção de sistemas compostos por fossa, implantação de sistemas separadores água-óleo	Grande	Médio	Reversível
Físico	Aceleração de processos erosivos	-	Elaboração e implantação de controle de processos erosivos e recuperação de áreas degradadas	Médio	Imediato	Reversível
Físico	Alteração na qualidade do ar	-	Frequente umectação do solo nas áreas de intervenção e controle da velocidade dos veículos em toda área do empreendimento	Grande	Médio	Reversível

Quadro 3 – Impactos ambientais na fase de implantação.

(Conclusão)

Meio Ambiente	Impactos Negativos	Impactos Positivos	Ações	Significância	Prazo	Reversibilidade
Físico	Geração de ruídos	-	Controle de ruídos e vibrações regulando movimentação de caminhões e máquinas pesadas	Médio	Imediato	Reversível
Físico	Geração de resíduos	-	Implementação de plano de gerenciamento de resíduos			
Biótico	Remoção da cobertura vegetal	-	Implantação dos programas de recuperação de áreas degradadas e de salvamento de espécies herbáceas	Grande	Médio	Irreversível/Reversível
Biótico	Destruição de habitats	-	Resgate de espécies e revegetação	Grande	Imediato	Irreversível/Reversível
Socioeconômico	-	Geração de empregos	Contratação de mão-de-obra local			
Socioeconômico	-	Geração de tributos	Compra de bens e serviços na região			
Socioeconômico	Introdução de novas doenças no local	-	Implantação do programa saúde do trabalhador e programa de comunicação social	Grande	Imediato	Reversível

Fonte: o próprio autor, adaptação relatórios de impactos ambientais (RIMA)

A ação impactante negativa mais notória é a geração de ruídos devido às detonações para desmonte de rochas e maior número de circulação de veículos de grande porte e maquinarias. Essa geração de ruídos irá atingir o meio biótico afugentando a fauna, o desmonte de rochas atingirá o meio físico devido às detonações causando a alteração da paisagem, e o meio socioeconômico será impactado com o incomodo a população que reside próximo ao local a se instalar o empreendimento. Assim, as máquinas de construção devem ser de alto nível e estar sob manutenção regular, e as explosões devem ser realizadas empregando técnicas favoráveis ao ambiente.

Devido a alteração na qualidade do ar, nesta fase, a população que reside nas proximidades do local de implantação ou na rota de transporte de materiais e máquinas, também pode ser acometida por doenças respiratórias provocadas devido a poeira advindas da obra e dos caminhões de transportes.

É necessário que sejam tomadas precauções também em relação ao aumento de tráfego, à poeira e aos ruídos resultantes dos trabalhos de construção. Algumas destas precauções envolvem o humedecimento de estradas e a cobertura dos caminhões que transportam o material escavado para reduzir a quantidade de libertação de poeira.

A qualidade de água sofre mudança devido o início dos processos construtivos, aumento de trânsito e circulação de máquinas que criam que aumentam a potencialidade de derramamento de resíduos químicos, combustíveis, óleos e graxas na água. Faz se necessário implementar medidas de controle e prevenção de derramamento de óleos e graxas como por exemplo, fiscalização e manutenção das máquinas e dos caminhões da obra, meios de coleta de resíduos que possam se infiltrar no solo, e ainda construir sistemas de fossa séptica para atender aos operários durante a implementação da usina. É necessário, ainda treinamento e educação ambiental para a sensibilização dos trabalhadores.

Observou-se que a alteração da cobertura vegetal e a destruição de habitat, são ambos classificados quanto à reversibilidade como irreversíveis e reversíveis, isto porque demandam uma grande supressão da vegetação para construção das obras. Sendo assim, são classificados como irreversíveis porque o local onde irá conter a estrutura não tem como restaurar a vegetação, contudo, também é classificado como reversíveis porque a área do entorno da construção, que inicialmente terá a vegetação suprimida por causa das movimentações das máquinas e veículos, ou seja, considerada degradada, poderá ser restaurada, e além disso, quando necessário, pode-se escolher um local juntamente com a sociedade afetada para implantar um programa de compensação às áreas degradadas.

Quanto a aceleração do processo erosivo, este ocorre por ocasião de qualquer intervenção com cortes, aterros, terraplanagem e escavação do túnel de adução, canais e/ou também com a melhoria das vias de acesso ao local de instalação do empreendimento. Como prevenção, sempre que possível, deve-se evitar que as obras nas áreas sujeitas a erosão sejam executadas no período das chuvas. Deve-se elaborar e implantar programas de controle de processos erosivos durante e depois da finalização das obras.

A implantação de usinas promove a supressão de vegetação da implantação da casa de força, da barragem e do reservatório. Medidas corretivas empregadas pelo empreendedor deverão ser consideradas pois estes danos durarão anos após as obras. Fazem parte destas medidas a remoção da vegetação estritamente necessária ao processo das estruturas físicas das obras, a implantação de programas de recuperação de áreas degradadas e o salvamento de espécies herbáceas locais.

A destruição de habitat é o principal problema em implantação de usinas hidrelétricas sendo principalmente causado por fatores como corte de árvores, escavação, construção de estradas, construção de sistemas de armazenamento de água e etc. Para diminuir os danos causados por este fator recomenda-se o resgate de anfíbios, répteis, aves e mamíferos por uma equipe composta por biólogos com experiência comprovada em resgate da fauna, deverá somente se retirar a vegetação necessária ao processo de implantação das estruturas físicas das obras, logo após as obras deverá ocorrer programas de recuperação de áreas degradadas e de salvamento de espécies de plantas que se encontravam posterior à obra.

A construção de centrais hidrelétricas não só traz danos ou impactos negativos, mas também oferece benefícios ou impactos positivos à sociedade. Setani e Braun (2010), afirmam que apesar dos impactos negativos, ocorrem também impactos ambientais positivos, sendo os mais relevantes sentidos no meio socioeconômico, justificando a instalação das CGHs e PCHs. As obras de instalação das usinas hidrelétricas movimentam a economia de uma determinada região, gerando empregos, aumentando as vendas de materiais de construção, alimentação e etc, aumento da arrecadação fiscal para o município e melhorias na infraestrutura na região.

A geração de resíduos sólidos também é considerada, tendo em vista a grande proporção dos materiais da obra que são descartados, além dos resíduos gerados pelos próprios trabalhadores.

Os impactos provocados na fase de instalação tanto para as PCHs e CGHs foram os mesmos, contudo, a obras das CGHs são consideradas de pequeno porte, considerando as obras das PCHs, assim, os impactos provocados pelas CGHs abrangem uma área menor.

6.3 Impactos Ambientais na Fase de Operação

No quadro 4 estão apresentados os principais impactos encontrados nas PCHs e CGH estudadas na fase de operação.

Quadro 4 – Impactos ambientais na fase de operação.

(continua)

Meio Ambiente	Impactos Negativos	Impactos Positivos	Ações	Significância	Prazo	Reversibilidade
Físico	Alteração na qualidade das águas	-	Instalação de sistemas tratamento	Grande	Imediato	Reversível
Físico	Alteração da qualidade do ar	-	Manutenção de equipamentos e monitoramento	Grande	Imediato	Reversível

			das fontes geradoras			
Biótico	Alteração do ecossistema marinho	-	Monitoramento da fauna e flora marinha	Grande	Imediato	Irreversível

Quadro 4 – Impactos ambientais na fase de operação

(Conclusão)

Meio Ambiente	Impactos Negativos	Impactos Positivos	Ações	Significância	Prazo	Reversibilidade
Físico	Geração de resíduos sólidos	-	Implantação de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos	Grande	longo	Irreversível
Físico	Indução a processos erosivos	-	Implantação de programas de compensação de áreas degradadas	Médio	Imediato	Reversível
Físico	Geração de ruídos	-	Manutenção de máquinas e equipamentos	Grande	Imediato	Irreversível
Socioeconômico	-	Geração de empregos	Contratação de mão-de-obra local	Grande	Imediato	Reversível
Socioeconômico	-	Geração de tributos	Aquisição de bens e serviços na região	Médio	Imediato	Reversível
Socioeconômico	Introdução de novas doenças no local	-	Implantação do programa saúde do trabalhador e programa de comunicação social	Grande	Imediato	Reversível

Fonte: o próprio autor, adaptação relatórios de impactos ambientais (RIMA).

Os impactos provocados na fase de operação são bem parecidos com os impactos na fase de implantação. Contudo, nesta fase, alguns impactos possuem significância e prazos diferentes, justamente por causa das suas justificativas e meios para monitoramento.

O declínio da qualidade da água em torno de uma central hidrelétrica é um dos impactos adversos desse tipo de geração de energia, na fase de operação. A água descarregada de um reservatório pode ter uma composição diferente da água que está a fluir para um reservatório. Por sua vez reservatórios acumulam fertilizantes provenientes de plantações próximas, e em alguns países em desenvolvimento, o esgoto é lançado diretamente nos rios que podem não ter vazão ou comprimento necessário para depuração desses rejeitos antes que eles cheguem aos reservatórios. Este tipo de poluição produz floração de algas que absorvem o oxigênio da água, e assim, provoca o processo de eutrofização, o que a torna prejudicial à população e a fauna, podendo também, provocar o extermínio da fauna marinha.

Outra questão que causa mudança na qualidade da água é fuga contínua de óleos lubrificantes para a água, devido a sua utilização nos sistemas eletromecânicos para a regulamentação de turbinas das centrais hidrelétricas. É necessário que haja a monitoramento e manutenção constante dos equipamentos durante a operação desse tipo de empreendimento.

Na fase de operação os resíduos gerados são derivados da limpeza copa e sanitária dos funcionários que operam os equipamentos da casa de força, dos restos vegetais oriundos dos serviços de jardinagem, resíduos plásticos e vegetais retirados na área do reservatório, incluindo os resíduos da limpeza das grades das tomadas d'água. A adoção de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos é sugerida como mitigação deste impacto, que já pode ser pensando juntamente com plano de gerenciamento a ser proposto na fase de implementação da usina.

A indução a processos erosivos ocorrerá devido o enchimento do reservatório. Sendo que o relevo não está adaptado à essa situação, o solo estará sujeito a colapso devido, principalmente, ao solapamento provocado pelo movimento das ondas. Deve-se executar um estudo geotécnico detalhado, indicando as áreas com risco de instabilidade. Em empreendimentos com barragens, é importante que haja um programa de monitoramento da barragem.

Nesta fase, devido a operação da usina, ruídos poderão incomodar algumas residências próximas. A manutenção preventiva das máquinas e equipamentos da usina deve ser regular a fim de diminuir

a intensidade dos impactos. Já os efeitos dos ruídos dentro da casa de máquinas podem ser mitigados com a utilização de protetores auriculares pelos operários.

A contratação de mão-de-obra qualificada para o uso dos equipamentos do empreendimento poderá resultar na introdução de novas doenças. Programa de saúde do trabalhador e comunicação social deverão ser implantados para mitigar este impacto.

Apesar dos impactos negativos, ocorrem também impactos ambientais positivos, sendo os mais relevantes sentidos no meio socioeconômico, justificando a instalação das CGHs e PCHs e gerando assim medidas potencializadoras. Observou-se que, independente do tipo da usina, sendo ela PCH ou CGH os impactos positivos gerados ao meio ambiente são iguais como descritos na tabela 5.

Tabela 5 – Impactos Positivos das CGHs e PCHs.

Impacto Ambiental Positivo	Medidas Potencializadoras
Geração de empregos	Empregar mão-de-obra local
Geração de tributos	Priorizar a compra a compra de bens e contratação no município onde o empreendimento será instalado
Melhorias no sistema viário	Manutenção das estradas e acesso
Oferta de energia	Elaboração de material informativo

Fonte: o próprio autor, adaptação relatórios de impactos ambientais (RIMA).

6.4 Impactos Ambientais Provocados Por PCHs

Para além dos impactos que PCHs e CGHs têm em comum, as PCHs possuem mais impactos ambientais do que as CGHs. A seguir destacam-se os impactos ambientais negativos causados pelas PCHs.

- Aumento populacional de vetores pela ampliação do sítio de reprodução

Devido o represamento das águas para a formação de represa, poderá criar áreas propícias para a proliferação de mosquitos vetores, inclusive dos transmissores de doenças como a malária.

Observou-se que este fator é inevitável, porém, deverá se empregar ações para reduzir os efeitos deste impacto como a implantação de programa de controle e prevenção de doenças e um plano de ação de controle da malária.

- Perda do solo com potencial de uso agrícola

Devido seu grande porte, áreas usadas para agricultura como o povo local irão ser afetadas na fase de instalação do reservatório devido o alagamento dos solos. Sendo assim, deverá se implantar programas de compensação ambiental.

- Alteração da paisagem nas áreas de obra

A instalação das pequenas centrais altera a paisagem local, pois haverá perda de parte do curso do rio e suas matas, além da extinção total ou parcial das corredeiras que ficam no trecho do rio. Programas de compensação de compensação ambiental deverão ser implementadas pelo empreendedor.

- Aumento da supressão do homem sobre os animais.

Durante as obras, a presença de trabalhadores pode resultar na abertura de trilhas, caça predatória de animais (para alimentação) ou captura de espécies para criação. Para a redução deste fator faz se necessário a deslocamento dos animais para ambientes seguros e a implantação de programas sociais para educação ambiental.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esta pesquisa, pode-se perceber que a implementação das CGHs e PCHs produzem impactos tanto positivo quanto adversos, e que, apesar da implementação destas ser considerada como uma construção que gera baixos impactos ambientais, a pesquisa mostra que, em alguns casos, os impactos podem ser danosos e até mesmo irreversíveis para o ecossistema do local, sendo a supressão da vegetação e destruição de habitat as principais problemáticas desse tipo de empreendimento.

Observou-se que as PCHs possuem mais impactos ambientais negativos ou adversos comparando com as CGHs. Notou-se ainda que todos os impactos causados pelas CGHs fazem parte do quadro de impactos causados pelas PCHs, porém pelo seu maior porte, as PCHs acabam possuindo impactos mais agravantes ao sistema ambiental, sendo, portanto, necessários programas de monitoramento e de mitigação mais eficazes.

Mesmo que as PCHs apresentem mais impactos adversos e com maior magnitude dos que as CGHs, as PCHs se apresentam como a melhor opção para geração de energia, porque, além delas possuírem maior potencial, são realizados diversos estudos, dentre eles, os estudos técnicos em que se considera a largura do rio, a vazão e as características geológicas do local, que, associados aos critérios socioambientais, econômicos e energéticos, pode ser mais vantajoso a sua construção do que a construção de várias CGHs para se atender uma determinada demanda.

Todos os impactos adversos que foram apresentados nos RIMAs estudados mostraram sua associação com medidas mitigadoras ou de compensação, o que tornam viáveis a construção desses empreendimentos e a manutenção da sustentabilidade ambiental, contribuindo não somente para o desenvolvimento local, regional, como também para o desenvolvimento do país.

Tanto nas CGHs quanto nas PCHs, a compensação de áreas degradadas é a melhor e mais comum medida mitigadora para restauração do meio ambiente, pois de acordo com a Silvia (2012), a

instalação de uma usina hidrelétrica, afeta fortemente a fauna e a flora local de forma irreversível sendo necessário que haja uma interação entre os órgãos reguladores do meio ambiente e empreendedores para a compensação das áreas degradadas.

Já, as medidas mitigadoras poderão diminuir os impactos negativos, desde que sejam implementadas pelos empreendedores e fiscalizadas pelo governo, pois é notório que as centrais hidrelétricas permitem a expansão econômica e o bem-estar da sociedade.

Percebeu-se também que, os impactos positivos apresentaram medidas potencializadoras, o que aumenta a sustentabilidade de todo o processo de geração de energia por meio de hidrelétricas de pequeno porte.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução normativa n 875, de 10 de Março de 2020. **Estudos de inventário hidrelétrico**. 2020.

ANDRADE, A. L. A Viabilidade ambiental de usinas hidrelétricas e a aplicação da avaliação ambiental estratégica no Brasil. **Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE**, 2017.

AREADO; GROSSO, Mato. RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL–RIMA. 2010

BARBOSA, Admilson; SOUZA, M. **Incentivos às pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) proinfra e mdl**. Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2009.

BERMANN, Célio. Crise ambiental e as energias renováveis. **Ciência e Cultura**, v. 60, n. 3, p. 20-29, 2008.

BAŞKAYA, Şağdan; BAŞKAYA, E.; SARI, A. **The principal negative environmental impacts of small hydropower plants in Turkey**. African Journal of Agricultural Research, v. 6, n. 14, p. 3284-3290, 2011.

CAUS, Tuane Regina. **Energia hidrelétrica: eficiência na geração**. 2014.

CECCONELLO, Vanessa Marini. O estudo de impacto ambiental. **Direito & Justiça**, v. 35, n. 2, 2009.

CERNE; Paraná. RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL–RIMA. 2016.

COLLA, Ethel Cristina Neis. **Percepção dos gestores de Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGHs) e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) sobre contabilidade gerencial**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

CORRENTE, FOZ; GOIÁS. RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL–RIMA. 2016.

COUTO, Thiago BA; OLDEN, Julian D. Global proliferation of small hydropower plants–science and policy. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 16, n. 2, p. 91-100, 2018.

DEL BENE, Daniela et al. **Hydropower and ecological conflicts. From resistance to transformations**. Universitat Autònoma de Barcelona, 2018.

DE SOUSA, Wanderley Lemgruber. **Impacto ambiental de hidrelétricas: uma análise comparativa de duas abordagens**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2000.

GALLARDO, Amarilis Lucia Casteli Figueiredo et al. A avaliação de impactos cumulativos no planejamento ambiental de hidrelétricas na bacia do rio Teles Pires (região amazônica). **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 43, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2017.

GAMA, Fabiana; NELSON, Augusto; **ENERGÉTICO, NÚCLEO INTERDISCIPLINAR DE PLANEJAMENTO. Microcentrais hidrelétricas: alternativa às comunidades rurais isoladas**. 2005.

GLICÉRIO; JANEIRO, Rio De. RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL–RIMA. 2014.

GOMES, Rubira Felipe. **Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espços livres e degradação ambiental/impacto ambiental** **Caderno de Geografia**, vol. 26, núm. 45, 2016, pp. 134-150 Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais Belo Horizonte, Brasil.

JERÔNIMO, São; PARANÁ. RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL–RIMA. 2019.

LEOPOLDINA, Santa; ESPIRITO, Santo Santo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL–RIMA. 2010.

LUZIA, Santa. CATARINA, Santa RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL–RIMA. 2010.

MAGALHÃES, Ricardo Nogueira. **ESTIMAÇÃO DE CUSTOS PARA PROJETOS DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS**. 2009. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ, Itajuba, 2009.

MANCEBO, Elizabeth Wiltgen; DA CUNHA BRANDÃO, Pedro. **Avaliação da viabilidade econômica de reativação de uma central geradora hidrelétrica: um estudo de caso**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MIKI, Rosane Ebert. Biometano produzido a partir de biogás de ETEs e seu uso como combustível veicular. **Revista DAE**, n. 209, 2018.

MILHOMEM, Alex. **Análise comparativa da eficiência energética das pequenas centrais hidrelétricas de isamu ikeda e lajeado**. 2015. Trabalho de conclusão de curso - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Tocantis, Tocantis, 2015.

MISTURA, Cley. **Estudo dos elementos e características de pequenas centrais hidrelétricas na região serrana**. 2018. Centro universitário unifacvest, Lages, 2018.

PEREIRA, Geraldo Magela. **Projeto de Usinas Hidrelétricas: passo a passo**. Oficina de Textos, 2015.

PERIUS, Marlon Roger; CARREGARO, Juliano Bonfim. Pequenas centrais hidrelétricas como forma de redução de impactos ambientais e crises energéticas. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 16, n. 2, 2012.

PINELI, Geraldo. **Análise de viabilidade econômica e financeira de uma pequena central hidrelétrica**. Dissertação - Universidade Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. São Paulo, 2005.

PIRES, TELES; GOIÁS. RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL–RIMA. 2010.

QUEIROZ, G. **Análise de viabilidade econômica de centrais geradoras hidrelétricas**. Trabalho de conclusão de curso – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

RODRIGUES, Patrícia Costa; DA SILVA, Jorge Luiz. **IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS MEDIDAS MITIGADORAS SOCIOECONÔMICAS PARA O LICENCIAMENTO DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTICAS (PCH) NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL**. 2017. Trabalho de conclusão de curso - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 2017.

ROSSI, Ricardo. **Licenciamento ambiental para pequenas centrais hidrelétricas**. 2010. Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2010.

SA, ELETROBRÁS-Centraís Elétricas Brasileiras. **Diretrizes para estudos e projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. Rio de Janeiro (RJ), 199p. v. 21, 2000. Disponível em:< www.eletronbras.com.br>. Acesso em: 21/12/2021.

SETANI, M; BRAUN, J. **Impactos ambientais de centrais geradoras hidrelétricas e pequenas centrais hidrelétricas**; Ztecprojetos. 2020.

SHOWERS, Kate B. Electrifying Africa: An environmental history with policy implications. **Geografiska Annaler: Series B, Human Geography**, v. 93, n. 3, p. 193-221, 2011.

SPADOTTO, Claudio Aparecido. Classificação de impacto ambiental. **Comitê de Meio Ambiente, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, p. 1-4, 2002.

STEINMETZ, Maria; SUNDQVIST, Nathalie. Environmental Impacts of Small Hydropower Plants-A Case Study of Borås Energi och Miljö’s Hydropower Plants. **Master of Science thesis, Chalmers University of Technology**, 2014.

SUGAI, H.; SANTOS, M.; MACHADO, F. Manual de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas: sua revisão e PCHs. **Comitê Brasileiro de Barragens**, Belo Horizonte, MG, 2007.

VIOLLET, Pierre-Louis. From the water wheel to turbines and hydroelectricity. Technological evolution and revolutions. **Comptes Rendus Mécanique**, v. 345, n. 8, p. 570-580, 2017.

WELLE, D. Barragens: Cinco impactos que elas causam ao meio ambiente; **Infosaofrancisco**. 2017.