



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

THALITA DO SOCORRO DE SOUZA ALBUQUERQUE DEGENHART

**IMPACTOS AMBIENTAIS DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO
ESTADO DE RONDÔNIA**

ARIQUEMES

2021

THALITA DO SOCORRO DE SOUZA ALBUQUERQUE DEGENHART

**IMPACTOS AMBIENTAIS DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO
ESTADO DE RONDÔNIA**

Trabalho de Conclusão de Curso para a
obtenção do Grau em Engenharia Ambiental e
Sanitária apresentando a Faculdade de
Educação e Meio Ambiente – FAEMA.

Orientador: Prof. Me. Felipe Cordeiro de Lima

ARIQUEMES

2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D317i Degenhart, Thalita do Socorro de Souza Albuquerque.
Impactos ambientais de pequenas centrais hidrelétricas no estado de Rondônia. / Thalita do Socorro de Souza Albuquerque Degenhart. Ariquemes, RO: Faculdade de Educação e Meio Ambiente, 2021.
66 f. ; il.
Orientador: Prof. Ms. Felipe Cordeiro de Lima.
Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária – Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes RO, 2021.

1. Impactos Ambientais. 2. Central Hidrelétrica. 3. Rondônia. 4. Barragens. 5. Construção Civil. I. Título. II. Lima, Felipe Cordeiro de.

CDD 628

Bibliotecária Responsável
Herta Maria de Açucena do N. Soeiro
CRB 1114/11

THALITA DO SOCORRO DE SOUZA ALBUQUERQUE DEGENHART

**IMPACTOS AMBIENTAIS DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO
ESTADO DE RONDÔNIA**

Trabalho de Conclusão de Curso para a
obtenção do Grau em Engenharia Ambiental e
Sanitária apresentando a Faculdade de
Educação e Meio Ambiente – FAEMA.

Orientador: Prof. Me. Felipe Cordeiro de Lima

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Felipe Cordeiro de Lima
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

Prof. Dr. Driano Rezende
Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

Prof^a. Me. Liliane Coelho de Carvalho
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

ARIQUEMES

2021

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de identificar os impactos ambientais causados pela implantação de pequenas centrais hidrelétricas no estado de Rondônia, com foco nos impactos significativos por fator ambiental. As barragens afetam os ecossistemas a montante e jusante e sua biodiversidade por meio da alteração da frequência, magnitude, duração, tempo e taxa de mudança dos regimes de fluxo natural. A maior parte do conhecimento existente sobre os impactos tanto a jusante como a montante de barragens de armazenamento com reservatórios relativamente grandes, alta regulação de fluxo e longos tempos de residência de água, que causam uma interrupção significativa dos regimes de fluxo a jusante. O estudo é uma revisão bibliográfica objetivado pela exposição dos atributos de determinado fenômeno ou afirmação entre suas variáveis. Suas etapas consistem no estabelecimento de critérios para inclusão e exclusão de estudos e amostragem encontradas na literatura. Para realização deste trabalho de pesquisa foram consultados materiais e informações disponibilizados por diversos órgãos nas esferas Federal e Estadual. A construção de novas barragens hidrelétricas está claramente associada a uma série de impactos ambientais negativos. Todavia é importante ressaltar que a energia é amplamente necessidade para quase todas as atividades humanas.

Palavras-chave: Impactos Ambientais. Pequenas Centrais Hidrelétricas. Rondônia.

ABSTRACT

This work aims to identify the environmental impacts caused by the implementation of small hydroelectric plants in the state of Rondônia, focusing on significant impacts due to environmental factors. Dams affect upstream and downstream ecosystems and their biodiversity by altering the frequency, magnitude, duration, timing and rate of change of natural flow regimes. Most of the knowledge exists about the impacts both downstream and upstream of storage dams with relatively large reservoirs, high flow regulation and long water residence times, which cause a significant disruption of downstream flow regimes. The study is a literature review aimed at exposing the attributes of a given phenomenon or statement among its variables. Its steps consist of establishing criteria for inclusion and exclusion of studies and sampling found in the literature. To carry out this research work, materials and information made available by various agencies at the Federal and State levels were consulted. The construction of new hydroelectric dams is clearly associated with a series of negative environmental impacts. However, it is important to emphasize that energy is widely needed for almost all human activities.

Keywords: Environmental impacts. Small hydroelectric power plants. Rondônia.

Ao meu esposo Raul Degenhart e minha filha Thamirys Albuquerque, herói e heroína que me deram apoio, entenderam minha ausência nos momentos dedicados aos estudos, me deram incentivo nas horas difíceis, de desânimo, de fraqueza e cansaço. Meus amores, sem todo entendimento de vocês certamente eu não teria conseguido.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu essa conquista, que me concedeu saúde, força e me capacitou nestes anos como universitária, sempre presente, que coloca no meu caminho pessoas especiais, meu maior mestre.

A minha amiga do coração Natália Oliveira, desde o primeiro período da faculdade segurou minha mão e com sua calma de buda me ensinou acreditar que chegar ao fim seria possível, nos momentos de exaustão acadêmica associado a estresse do dia-a-dia ela sempre tinha um conselho para acalmar meu coração e me fortalecer.

Aos professores que me acompanharam nessa jornada acadêmica Mestre Felipe Cordeiro, Mestre Liliane Carvalho e Dr. Driano Rezende, manifesto toda minha gratidão, vocês foram peça chave para meu desenvolvimento acadêmico e profissional, os trabalhos propostos por vocês foram desafios enriquecedores na minha formação.

Deixo também um agradecimento ao engenheiro ambiental Kelvin Coutinho, no ano de 2016 foi meu gerente, e naquele momento me desafiou a realizar a graduação superior e me oportunizou condições para ingressar na academia.

Por fim, um agradecimento especial aos meus amigos de trabalho que são parceiros do dia-a-dia por toda a ajuda e apoio durante este período tão importante da minha formação acadêmica e que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Usinas hidrelétricas brasileiras por bacia hidrográfica	15
Figura 2 - Mapa de empreendimentos hidrelétricos no Brasil.....	16
Figura 3 - Projeção de carga de energia.	17
Figura 4 - Barragem de Terra	21
Figura 5 - Tipos de barragem de terra.	22
Figura 6 - Barragem de enrocamento.	24
Figura 7 - Barragem de concreto.	24
Figura 8 - Barragem mistas.	26
Figura 9 - Barragem de Gabião.	27
Figura 10 - Barragem de madeira.	28
Figura 11 - Barragem de alvenaria de pedra.....	29
Figura 12 - Carta imagem das PCH's instaladas em Rondônia.	41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS.....	11
2.1	OBJETIVO PRIMÁRIO	11
2.2	OBJETIVOS SECUNDÁRIOS	11
3	METODOLOGIA	12
4	USINAS HIDRÉLETRICAS (UH) SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	12
4.1	USINAS HIDRELÉTRICAS DO BRASIL.....	12
4.2	CONSUMO DE ENERGIA NO BRASIL.....	16
4.3	BARRAGENS	18
4.3.1	Tipos De Barragens	20
4.3.2	Barragem de terra	21
4.3.3	Barragem de enrocamento	23
4.3.4	Barragem de concreto.....	24
4.3.5	Barragem mistas	25
4.3.6	Barragem de gabião	26
4.3.7	Barragem de madeira.....	28
4.3.8	Barragem de alvenaria de pedra	28
4.4	SEGURANÇA DE BARRAGENS.....	29
4.4.1	Normas nacionais e internacionais	31
4.4.2	Órgãos responsáveis pela fiscalização e legislação existente.....	34
4.5	ROMPIMENTO DE BARRAGENS E IMPACTOS AMBIENTAIS.....	38
4.5.1	Caso de rompimento da barragem da PCH Apertadinho	40
4.6	PEQUENAS CENTRAIS HIDRÉLETRICAS NO ESTADO DE RONDÔNIA.....	40
4.7	IMPACTOS AMBIENTAIS DAS PCHS NO ESTADO DE RONDÔNIA	44
4.7.1	Meio Físico	44
4.7.2	Meio Biótico	48
4.7.3	Meio Socioambiental.....	50
4.7.4	Sugestão de Alternativa de Repotenciação para PCH's em Operação	51
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
	ANEXO – PCH'S EM RONDÔNIA	57

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE), em 2012 haviam cerca de 201 usinas hidrelétricas com geração ativa no país. A crescente demanda pela ampliação no mercado gerador brasileiro incentivou o Governo Federal a estabelecer novos projetos no ramo da geração de energia, principalmente na Amazônia, fator observado em 2019, onde, com os avanços estabelecidos, o Brasil passou a possuir 217 empreendimentos de grande porte, 428 centrais hidrelétricas e 696 micro usinas hidrelétricas, segundo dados da ABRADEE e Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

O Brasil utiliza energia hidrelétrica para cerca de 70% de seu consumo de eletricidade, enquanto a média mundial é de cerca de 16%. O desenvolvimento de pequenas barragens hidrelétricas é generalizado em todo o Brasil e em outras partes do mundo, ofuscando significativamente grandes projetos hidrelétricos. A existência dessas barragens menores é uma resposta às crescentes necessidades de segurança, o que faz sentido em um país tão capaz de usar energias renováveis (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

O estado de Rondônia tem sido, nos últimos anos, ambiente de grandes projetos brasileiros, notadamente no ramo da exploração hidroenergética. Nesse contexto, é possível destacar o papel das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e a falta de dados disponíveis sobre os impactos socioambientais delas decorrentes (BACELLAR, 2017).

Porém, assim como as grandes hidrelétricas, esses empreendimentos, embora menores, também podem causar externalidades negativas para o meio ambiente e para a sociedade em particular porque não são necessárias audiências públicas e a população se sente insegura com as consequências, trazendo suas percepções sobre possíveis impactos e desconfortos ambientais (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

As barragens afetam os ecossistemas tanto a montante como a jusante e sua biodiversidade por meio da alteração da frequência, magnitude, duração, tempo e taxa de mudança dos regimes de fluxo natural. A maior parte do conhecimento existente sobre os impactos a jusante de barragens vem de barragens de armazenamento com reservatórios relativamente grandes, alta regulação de fluxo e longos tempos de residência de água, que causam uma interrupção significativa dos regimes de fluxo a jusante (ERC. 2017).

Deste modo, esta pesquisa teve como objetivo avaliar os impactos ambientais causados pela implantação de pequenas centrais hidrelétricas no estado de Rondônia com foco nos impactos decorrentes da operação dos empreendimentos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRIMÁRIO

Identificar os impactos ambientais causados pela implantação de pequenas centrais hidrelétricas no estado de Rondônia.

2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

- Apresentar um panorama da geração energética no Brasil;
- Descrever sobre barragens e medida de segurança;
- Descrever o panorama atual de operação das PCH's existente do Estado de Rondônia e
- Descrever os impactos significativos por fator ambiental.

3 METODOLOGIA

O tipo do estudo é uma revisão bibliográfica, tem o objetivo primordial à exposição dos atributos de determinado fenômeno, ou afirmação entre suas variáveis (GIL, 2018). Esta etapa é representada pelo estabelecimento de critérios para inclusão e exclusão de estudos e suas amostragens. Para a busca dos artigos foram utilizadas as bases de dados: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO); Google acadêmico. As estratégias de busca foram efetivadas, via filtros de busca: “Impactos ambientais; pequenas centrais hidrelétricas em Rondônia”.

Os artigos e materiais pesquisados foram selecionados entre uma esfera de tempo dos estudos publicados nos últimos vinte anos, levando em consideração sua relevância e referências utilizadas para composição dos estudos. Os artigos, periódicos e revistas indexadas estes estudos são dos idiomas português e inglês. Foram excluídos destes estudos os artigos não relacionados ao tema; artigos de opinião; relatórios; editoriais; enfim, literatura cinzenta.

Para realização deste trabalho foram consultados materiais e informações disponibilizadas pelos órgãos Agência Nacional de Mineração (ANM), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA) e Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM).

4 USINAS HIDRELÉTRICAS (UH) SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS

4.1 USINAS HIDRELÉTRICAS DO BRASIL

A hidroeletricidade (energia elétrica gerada pela força da queda ou do fluxo da água) tem sido utilizada para atender a crescente necessidade de eletricidade ao longo dos últimos 135 anos em todo o mundo, e hoje constitui quase 85% do suprimento mundial de eletricidade renovável. Como a hidroeletricidade é movida a água, ela é considerada uma “fonte de combustível limpo” acessível, renovável, que não polui o ar da mesma forma que a queima de combustíveis fósseis (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

A geração de energia interna reduz a dependência dos países de fontes internacionais e cria oportunidades de emprego para a população local. Além disso, as barragens e reservatórios criados com usinas hidrelétricas oferecem benefícios adicionais, como controle de enchentes, irrigação, armazenamento de abastecimento de água e usos recreativos (BACELLAR, 2017).

O Brasil usa energia hidrelétrica desde o final do século XIX, mas os anos 1960 e 1970 marcaram o palco para aumento de investimentos na construção de grandes usinas. O Brasil possui a segunda maior hidrelétrica do mundo (depois de Três Gargantas, China, 22.500 MW). A hidroelétrica de Itaipu foi inaugurada em 1984 após um acordo bilateral entre Brasil e Paraguai, a barragem de Itaipu tem atualmente capacidade instalada de 14.000 MW, conta com um total de 20 unidades geradoras. Isso é suficiente para abastecer 80% da demanda energética no Paraguai e 20% da demanda do Brasil (BACELLAR, 2017).

No Brasil, as fontes renováveis de energia são consideradas fundamentais para o desenvolvimento sustentável. Duas estratégias no que diz respeito ao setor de energia foram incorporadas no Brasil, uma delas focada em uma matriz energética limpa e renovável, principalmente hidrelétrica, e outra promovendo o uso eficiente e conservação (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

O Brasil optou por aumentar os níveis de segurança energética, e a capacidade de geração de energia, com essa expansão, surgiram problemas ambientais e sociais. A fim de evitar maiores impactos ambientais, a principal estratégia vai para novos projetos de fio d'água. No entanto, esta política acaba afetando a geração de energia durante os períodos de seca, devido à baixa vazão do rio (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

Para alcançar a segurança energética, o país tem investido em usinas hidrelétricas e termoelétricas, a fim de, compensar a menor geração de energia hidrelétrica durante os períodos de seca. Em esquemas a fio d'água, os custos de energia são maiores devido à possibilidade de inatividade nos períodos secos causados pela ausência de reservatório. O tempo de construção é menor, em média dois anos. No que diz respeito aos impactos ambientais, os efeitos cumulativos de diversos fio d'água instalados deve ser considerado (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

De acordo com o Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA) na bacia amazônica estão em operação três usinas importantes para sistema nacional sendo elas: Belo Monte (Rio Xingu): 11.233 MW (3ª maior do mundo); Jirau (rio Madeira): 3.300 MW e Santo Antônio (rio Madeira): 3.150 MW. As usinas de Jirau e Santo Antônio utilizam tecnologia de turbina bulbo, o que reduz a necessidade de inundação e, conseqüentemente, alguns efeitos negativos, dentre eles a necessidade de deslocamento de populações locais, desapropriação de terras e outros impactos ambientais (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

Embora haja benefícios em utilizar uma fonte de energia renovável para abastecer a crescente demanda de eletricidade do país, as usinas hidrelétricas apresentam muitos problemas e consequências para o Brasil. Essas preocupações ganharam força e estão no centro do debate com a polêmica dos impactos ambientais da usina de Belo Monte considerada a segunda maior usina do Brasil (atrás apenas da barragem de Itaipu) e a terceira maior do mundo (OLIVEIRA, 2012).

Para implantação de projetos desta magnitude, é necessária uma avaliação antes da aprovação da construção pelo Órgão Estadual de Meio Ambiente. Este relatório abrange a descrição do projeto, levantamento dos aspectos físicos, bióticos e antrópicos da área de influência do projeto, seguido dos possíveis impactos ambientais, proposição de medidas para a sua mitigação. Antes da aprovação da Avaliação de Impacto Ambiental existe a necessidade de implantação de Audiências Públicas para avaliação do posicionamento da comunidade local no que diz respeito à construção de uma barragem hidrelétrica na região (OLIVEIRA, 2012).

Grandes reservatórios maximizam a produção de eletricidade, garantindo maior segurança energética do sistema durante o período seco. Entretanto, alguns fatores podem afetar a decisão na construção de reservatórios hidrelétricos, tais como: tempo de construção; emissão de gases de efeito estufa; fragmentação dos rios; mudanças na qualidade da água; realocar ou deslocar comunidades ribeirinhas; interferência em migração e desova de várias espécies de peixes (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

O tempo médio de construção de grandes barragens é de aproximadamente 8 anos. Mesmo sendo uma fonte de energia renovável, existem potenciais emissões de gases de efeito estufa nos reservatórios, tais como: metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e dióxido de carbono (CO₂). Grandes quantidades de matéria orgânica permanecem no reservatório quando a área é inundada, elevando à produção desses gases (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

Uma das principais preocupações é a emissão do gás metano (CH₄). As emissões quantitativas dependem de como a água é liberada em barragens. A liberação de águas profundas contribui de forma mais significativa para as emissões. Estudos realizados em áreas em ambientes ciliares e campestres de Belo Monte complexo hidrelétrico (Pará) indicam que as concentrações mais significativas foram de CO₂ com um valor diário médio de 10.448,41 ± 3036,48 mg m⁻² (BACELLAR, 2017).

A usina de Belo Monte pode produzir 1 milhão de toneladas de CO₂ por ano durante os primeiros dez anos. Barragens como Jirau e Santo Antônio terão emissões menores, devido ao

tamanho dos reservatórios. A quantidade de emissões varia de acordo com a idade do reservatório, o tipo de uso do solo antes represamento, práticas de manejo, condições climáticas e / ou a localização e morfometria do reservatório. Além disso, deve-se observar também que a emissão de gases de efeito estufa em reservatórios são maiores nos primeiros 10 anos (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

Figura 1 - Usinas hidrelétricas brasileiras por bacia hidrográfica



Fonte: (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

Considerando o foco da expansão hidrelétrica na Amazônia, devido ao quase esgotado potencial hidrelétrico em outras regiões brasileiras, importantes preocupações ambientais são levantadas sobre o potencial hidrelétrico na região amazônica e estudos relatando os impactos causados por barragens nessa região, como a emissão de gases de efeito estufa devido ao alagamento de áreas florestais, a perda de áreas de conservação, mudanças na qualidade da água, interferência no deslocamento e reprodução de animais aquáticos, um declínio na biodiversidade, bem como impactos sociais e culturais (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

4.2 CONSUMO DE ENERGIA NO BRASIL

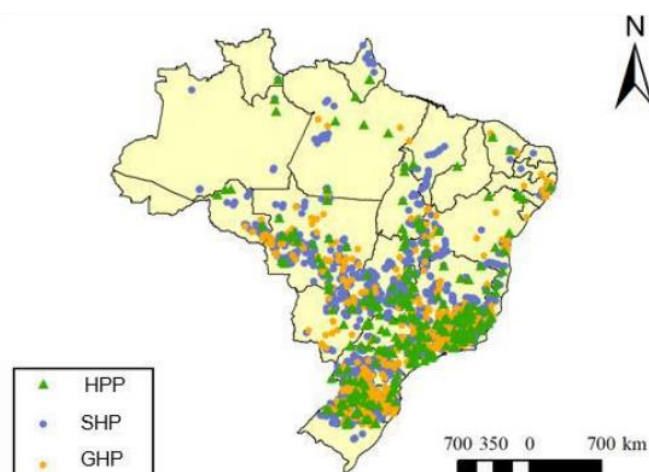
Os estudos apresentados no plano de expansão de energia do Brasil para 2011-2020 preveem 30 grandes barragens na Amazônia Legal. O acordo Brasil-Peru de 2010 chama por cinco barragens na Amazônia peruana a serem financiadas pelo Banco Nacional de Economia e Social do Brasil Desenvolvimento (BNDES), principalmente para exportação de eletricidade para o Brasil (OLIVEIRA, 2017).

O financiamento também está planejado para muitas barragens adicionais no Peru, Bolívia, Equador e Guiana. Esses planos têm o potencial de afetar os ecossistemas aquáticos em praticamente todas as bacias hidrográficas de Amazônia. Eles também afetam a infraestrutura rodoviária, movimentos populacionais e desmatamento em toda região (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

A força política e financeira por trás deste desenvolvimento pode afetar as políticas ambientais. Muita coisa mudou na tomada de decisão do Brasil nos anos desde 1986, quando a grande infraestrutura projetos como rodovias e barragens foram primeiro obrigados a ter um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impactos ao Meio Ambiente (RIMA), que são conhecidos conjuntamente como EIA / RIMA (BACELLAR, 2017).

O sistema de tomada de decisão é um fator chave na determinação dos problemas ambientais e sua gestão em todo o mundo, e o impacto das decisões tomadas é especialmente grande em locais onde os ecossistemas estão ainda não foi afetado pelo 'desenvolvimento', como na região amazônica do Brasil. Barragens tropicais em todo o mundo são conhecidos por seus impactos particularmente graves (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

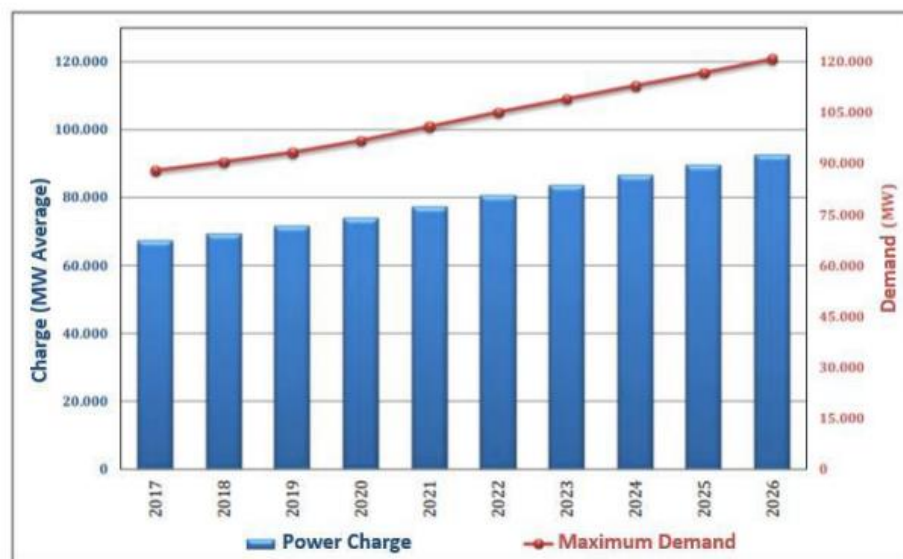
Figura 2 - Mapa de empreendimentos hidrelétricos no Brasil



Fonte: (BACELLAR, 2017).

As regiões Sul e Sudeste possuem o maior desenvolvimento econômico do Brasil (maior PIB), também apresentam o maior número de projetos hidrelétricos instalado como na Figura 2. O consumo de energia no Brasil tende a crescer nos próximos anos. De acordo com as projeções do Decenal Plano de Expansão de Energia (DEEP) 2026, a energia consumo no país, que em 2016 foi de 516 TWh será de 741 TWh em 2026 com um crescimento médio de 3,7% por ano, atingindo a marca de um pouco mais de 30% em todo o período. O plano ainda reforça que esta valorização poderá ser maior se a economia do país mostrar crescimento acima do esperado (BACELLAR, 2017).

Figura 3 - Projeção de carga de energia.



Fonte: BACELLAR (2017).

De acordo com o ERC (2017) na lista de expansão, há propostas para projetos de pequenas centrais hidrelétricas e grande centrais hidrelétricas com um crescimento estimado de 300 MW no segmento todos os anos. Os projetos são submetidos aos Investimentos Modelo de Decisão (IDM), considerando que existe a possibilidade que esse potencial de 300 MW, que poderia ser expandido. Além disso, o plano destaca a importância de projetos de repotenciação ou da adição de unidades geradoras a usinas hidrelétricas existentes. Conforme demonstrado na figura 3. que mostra o indicativo da carga de energia de expansão no SIN com aumento médio anual de 2.700 MW (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (NEEA) reconhece, através da Nota Técnica nº 026/2011, que a repotenciação das unidades geradoras existentes, podem trazer ganhos em operação de energia e adicionar disponibilidade ao Nacional Sistema interligado. De acordo

com o Plano Decenal de Expansão de Energia de 2027 a região Norte não tem suas pequenas centrais hidrelétricas mapeadas potencial (ERC 2018).

4.3 BARRAGENS

O controle dos recursos hídricos é de fundamental importância para execução de diversas atividades. Para tal controle, Araújo (2008) evidencia que a diferente disponibilidade hídrica temporal deve ser investigada a fim de gerenciar os recursos hídricos da melhor forma possível, buscando preencher as lacunas ou excessos conforme a necessidade.

As barragens como apresentado anteriormente, possuem essa característica necessária de controle e gerenciamento dos recursos hídricos. De acordo com sua importância, elas se dividem em dois grupos conforme destacado por Costa (2012).

As barragens são consideradas uma importante fonte de abastecimento de água e de grande importância por várias outras razões. Eles fornecem a água para os diversos meios, incluindo uso doméstico, irrigação e para uso industrial. A aplicação dessas barragens é muito mais importante nas atividades diárias, incluindo cozinhar, limpar, tomar banho, lavar, beber água, para a jardinagem e para o cultivo (ARAÚJO, 2008).

As grandes barragens oferecem uso múltiplo do reservatório com áreas de lazer, pesca e passeios de barco. Também atendem às necessidades de segurança dos humanos, reduzindo ou evitando as inundações. Durante as épocas de excesso de fluxo de água, as barragens armazenam a água no reservatório; posteriormente, eles liberam essa água nos momentos de baixo fluxo, também quando os fluxos naturais de água são inadequados para atender a demanda (BAPTISTA; COELHO, 2010).

Quando o engenheiro projeta e faz a manutenção das barragens, espera-se que tenham todos os objetivos em mente. Segundo Carvalho (2008) as vantagens das barragens são inúmeras, entre elas o dinheiro e trabalho são necessários para construí-las e mantê-las ao longo do tempo.

- A eletricidade é produzida a uma taxa constante com a ajuda de hidroeletricidade ou energia hidrelétrica;
- Se não houver necessidade de eletricidade, as comportas também podem ser fechadas ou interrompendo a geração de eletricidade. A água também pode ser armazenada para

uso momento oportuno, quando a demanda de eletricidade for alta, portanto, o uso da água permanece criterioso;

- As barragens são projetadas por profissionais de engenharia qualificados para abranger muitas décadas;
- O reservatório que se forma a montante da barragem também pode ser usado para fins de irrigação, esportes aquáticos e outras formas de atividades voltada para o lazer da comunidade no entorno dos reservatórios;
- O acúmulo de água no reservatório, significa que a energia também pode ser armazenada quando necessário, podendo a água ser liberada para a produção de energia elétrica;
- A eletricidade produzida pelas barragens nem mesmo produz os gases de efeito estufa e, portanto, também não poluem a atmosfera.

Sabendo que as barragens são componentes essenciais de nossos sistemas de infraestrutura, elas também apresentam riscos potenciais. Pois, massa da água retida por uma barragem pode ser devastadoramente destrutiva em caso de seu rompimento, caso a água seja liberada de forma descontrolada.

Quando adequadamente construídas, projetadas e mantidas, as barragens apresentam um risco muito baixo de falha. Projeto ruim, negligência e eventos naturais catastróficos, como tempestades, furacões ou terremotos, podem causar o rompimento de represas. Quando uma barragem falha e há uma liberação descontrolada de água, a inundação resultante pode causar destruição maciça a jusante, carregando detritos em altas velocidades. As barragens tendem a receber atenção pública apenas quando uma falha parece iminente e, infelizmente, isso não é incomum (CASTRO, 2012).

De acordo com (FIORI; CARMIGNANI, 2009), as barragens são classificadas como risco baixo, significativo ou alto com base nos impactos que seriam causados pelo rompimento da barragem:

- Baixo: sem perda de vidas e danos limitados;
- Significativo: possível perda de vidas e danos moderados;
- Alto: provável perda de vidas e danos significativos.

Para determinar a classificação de perigo, os engenheiros realizam uma análise de rompimento de barragem na qual modelos hidrológicos e hidráulicos é desenvolvido,

considerando os eventos de tempestade, enchimento do reservatório, a ruptura da barragem e até mesmo uma provável onda de inundação resultante em caso de uma catástrofe são simulados, e irão compor os estudos de cada empreendimento. As análises de rompimento de barragens avaliam uma série de eventos climáticos, desde um cenário de dia ensolarado sem precipitação, até a enchente máxima provável. Impactos em estruturas, estradas, infraestrutura e espaços públicos são avaliados para determinar os perigos potenciais (ICOLD, 2008).

Como as barragens de alto e significativo risco apresentam potencial para sérios danos e perda de vidas, é essencial desenvolver um plano de ação de emergência para cada uma dessas barragens. O plano de ação emergencial fornece informações que permite que os proprietários e/ou operadores, estejam preparados para quaisquer incidentes de segurança de barragens e por como principal objetivo salvar vidas e proteger a propriedade (LEÃO, 2012).

Nem toda barragem que existe hoje é essencial. Muitas barragens sobreviveram ao seu uso, deterioraram-se em suas condições, causaram danos ambientais que superam os benefícios. Estima-se que de 75% a 90% das barragens existentes não servem mais a um propósito funcional (SILVEIRA, 2006).

Uma solução para os problemas colocados por barragens obsoletas é removê-las inteiramente. Além da remoção do risco potencial de segurança, muitos benefícios ambientais podem ser percebidos pela restauração das águas aos seus estados naturais de fluxo livre, como a remoção de obstruções à passagem de peixes, redução da temperatura da água, restauração dos fluxos naturais de sedimentos e aumento da dissolução níveis de oxigênio. No entanto, os efeitos adversos da remoção da barragem, como aumento das enchentes a jusante ou eliminação do armazenamento de qualidade da água, devem ser considerados (ZUFFO, 2005).

4.3.1 Tipos De Barragens

As barragens de regularização têm como o objetivo principal a regularização do regime hidrológico de um rio. Logo, após o estudo hidrológico detalhado regional, define-se qual o nível de vazão regular que se deseja atingir. Em tempo de grande precipitação regional acumula-se a quantidade excedente, a fim de que, em tempos de estiagem, seja liberado esse excedente. (COSTA, 2012).

As barragens também podem ser usadas como armazenamento de grandes volumes de água. Podendo ser utilizado no abastecimento (doméstico, industrial ou irrigação), geração de

energia pela construção de hidrelétricas, ou mesmo, de maneira mais simples, criação de lagos para desenvolvimento de atividades econômicas ou turísticas (COSTA, 2012).

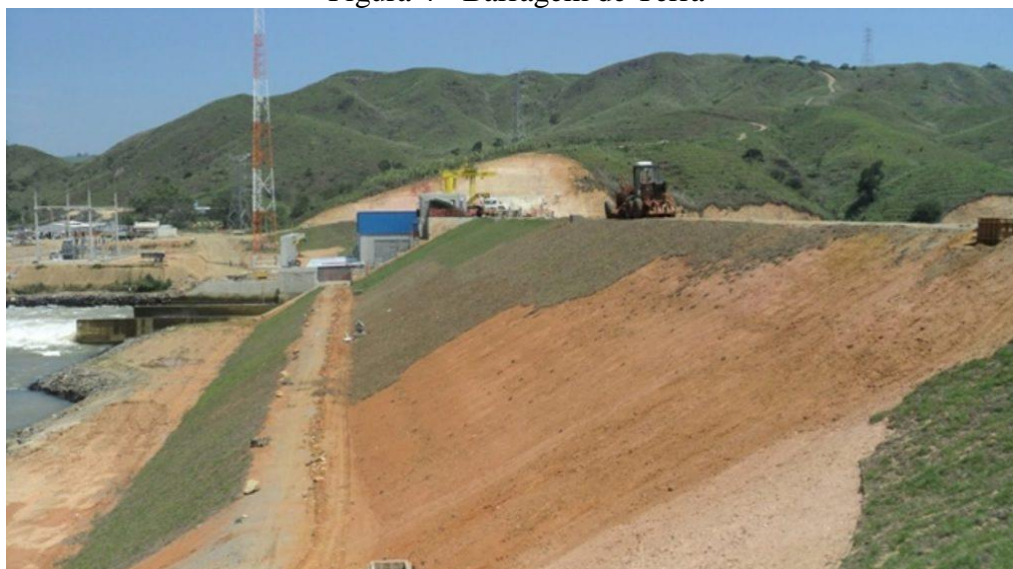
A contenção de enchente, resíduos industriais, sedimentos ou rejeitos de mineração pode ser efetuado mediante esse tipo de barragem. Para tal, tem-se o controle quanto a liberação da água, anulando os impactos que possam ocorrer a jusante, seja devido ao assoreamento ou mesmo com relação a carga tóxica dos elementos químicos que compõem o material armazenado (COSTA, 2012).

4.3.2 Barragem de terra

Uma barragem de terra é construída em camadas de material, de 150–450 mm de espessura, que são compactadas com maquinário vibratório ou pesado. O material deve ter um teor de umidade próximo ao seu valor 'ótimo' para atingir a densidade máxima in-situ. Solos que precisam ser flexíveis, como o material do núcleo, são geralmente compactados levemente úmidos do ideal. Se o solo estiver muito úmido, a compactação é ineficaz e a planta não pode operar (COSTA, 2012).

O solo usado nos ombros costuma ser mais rígido e, para isso, o teor de água de colocação é igual ou um pouco abaixo do valor ideal. No outro extremo da faixa, se o solo estiver muito seco, a compactação efetiva não pode ser alcançada. O teste de controle dos materiais de enchimento, tanto na cava de empréstimo quanto após a colocação, é necessário para garantir a conformidade (ARAUJO, 2008).

Figura 4 - Barragem de Terra



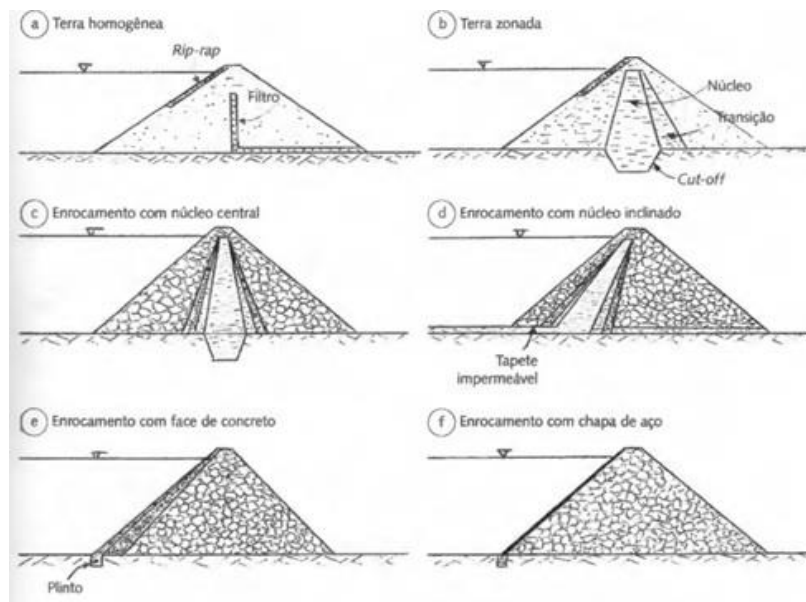
Fonte: ARAUJO (2008).

As pressões máximas permitidas para a construção de água porosa para garantir um fator de segurança aceitável contra falhas podem ser calculadas. Durante a construção, essas pressões por água podem ser monitoradas com o uso dos piezômetros. O tipo Casagrande é adequado para fundações de barragens e do tipo Bishop adequado para instalação no aterro (COSTA, 2012).

Durante o período de enchimento do reservatório, o piezômetros colocados no ombro a montante de uma barragem de terra podem registrar como o nível de água no ombro responde à água do nível do reservatório; piezômetros na fundação e no ombro a jusante podem verificar o desempenho do núcleo e do corte. Durante a operação, os piezômetros podem mostrar a rapidez com que a água é drenada para fora do acostamento a montante com uma queda no nível do reservatório. Isso é importante para evitar uma falha de deslizamento devido ao 'rebaixamento rápido' (ARAUJO, 2008).

Os piezômetros em nível baixo logo abaixo da parede do núcleo podem mostrar pressões que indicam vazamento através da parede do núcleo, especialmente se sua pressão aumentar e diminuir com o nível da água do reservatório. Assim, é possível monitorar o comportamento de uma barragem de terra por meio do uso de piezômetros, tanto durante como imediatamente após a construção e operação de longo prazo. Em muitos solos, as pressões de água de poros no final da construção são o pior caso - particularmente as argilas de alta plasticidade - a estabilidade da barragem se deteriora conforme as pressões dos poros chegam ao equilíbrio. Esse processo pode levar dezenas de anos (COSTA, 2012).

Figura 5 - Tipos de barragem de terra.



Fonte: ARAUJO (2008).

O tipo mais simples de aterro de terra consiste em um único material e é totalmente homogêneo. Às vezes, um cobertor de material relativamente impermeável pode ser colocado na face a montante. Uma seção puramente homogênea é usada, quando apenas um tipo de material está disponível econômica ou localmente. Tal seção é usada para barragens moderadamente altas para diques (FIORI; CARMIGNANI, 2009).

O núcleo central verifica a infiltração. A zona de transição evita a tubulação através de rachaduras que podem se desenvolver no núcleo. A zona externa dá estabilidade ao preenchimento impermeável central e distribui a carga por uma grande área de fundações (COSTA, 2012).

4.3.3 Barragem de enrocamento

A barragem de enrocamento, um tipo de aterro ou as chamadas barragens de rocha de terra, é uma barreira de retenção de água composta por três partes principais: enchimento de rocha solta por despejo ou compactação com rolo; membrana impermeável feita de alvenaria, concreto, concreto asfáltico, estacas-pranchas de aço, madeira ou outros materiais; e camada de transição. A membrana impermeável é utilizada como impermeabilizante e pode ser colocada tanto no talude como na encosta a montante. Embora a história seja curta em comparação com a de outros tipos de barragens antigas, o desenvolvimento de barragens de enrocamento durante as últimas décadas estava crescendo em todo o mundo (COSTA, 2012).

Represa são flexíveis em materiais de construção e são econômicas e altamente adaptáveis a diferentes condições geológicas e hidrológicas. Essas vantagens fizeram e barragens de enrocamento cada vez mais populares nos últimos anos.

Barragens de enrocamento de concreto (CFRDs) e barragens de enrocamento com paredes centrais são dois tipos típicos. Estruturas impermeáveis, ou seja, a face de concreto no CFRD se a parede do núcleo no núcleo com paredes barragens de enrocamento, podem levar a consequências catastróficas (ARAUJO, 2008).

Figura 6 - Barragem de enrocamento.



Fonte: ARAUJO (2008).

4.3.4 Barragem de concreto

Figura 7 - Barragem de concreto.



Fonte: ARAUJO (2008).

Uma barragem de concreto é uma estrutura projetada e construída com o objetivo de reter a água, que geralmente é colocada ao longo do curso de um rio. Uma barragem de concreto é considerado o tipo mais forte de barragem construída nos tempos modernos, e pode assumir várias formas (COSTA, 2012).

Nos tempos modernos, quase todas as barragens são feitas parcial ou totalmente de concreto. O concreto é um excelente material para a construção de barragens porque é muito resistente quando sob compressão - pressionado ou empurrado junto. Muitos projetos de barragens de concreto aproveitam essa propriedade para produzir barragens extremamente grandes, capazes de reter muitas milhas cúbicas (1 milha cúbica = 4,2 kms cúbicos) de água (ARAUJO, 2008).

As barragens construídas com concreto têm três projetos básicos. Uma barragem em arco é uma cortina de concreto curva e relativamente fina, com o lado côncavo da curva voltado para o rio. Este tipo de barragem é feito de concreto maciço reforçado com aço. Ele depende da pressão da água atrás dele para adicionar força, pois essa pressão empurra as laterais da barragem contra as paredes de cada lado. As barragens em arco são particularmente adequadas para áreas onde um rio corre no fundo de desfiladeiros íngremes ou desfiladeiros com paredes de rocha sólida (FIORI; CARMIGNANI, 2009).

Algumas barragens de concreto podem ter vários pequenos arcos ou contrafortes ou um par de grandes arcos ou outras variações, mas a maioria, senão todos, são variações de um dos três projetos básicos. Um tipo relativamente de concreto, para construir barragens de concreto, é chamado de concreto compactado a rolo e usa rolos pesados para prensar o concreto durante a construção (FIORI; CARMIGNANI, 2009).

Muitas barragens mais recentes estão sendo construídas usando essa técnica, mas os projetos ainda são dos mesmos tipos básicos. Uma barragem típica de concreto possui vertedouros para liberação de água quando necessário, e muitos são projetados para aproveitar o fluxo de água para gerar eletricidade por meio de usinas hidrelétricas. Água corrente que gira turbinas enormes produz até 20% da eletricidade do mundo (COSTA, 2012).

4.3.5 Barragem mistas

Uma espécie de barragem mista de revestimento de concreto e suas práticas de trabalho. A invenção pertence ao campo técnico da engenharia hidráulica, particularmente um tipo de barragem mista de concreto-revestimento e práticas de trabalho da mesma (ARAÚJO, 2008).

Atualmente, este tipo de barragem de *checkdam* utiliza em sua estrutura rocha solta (compreendendo barragem de enrocamento de parede central e rocha) e barragem de concreto (barragem de gravidade de concreto e barragem em arco), a vantagem da barragem de enrocamento com parede central e rocha é o aproveitamento total dos materiais naturais locais, evitando o transporte de grande quantidade de materiais de construção; É mais fácil construir; O desempenho antissísmico é bom (COSTA, 2012).

Figura 8 - Barragem mistas.



Fonte: FIORI; CARMIGNANI (2009).

4.3.6 Barragem de gabião

A parede de gabião é um tipo de estrutura amplamente utilizada no mercado nacional, composta por pedras empilhadas em gaiolas de arame de ferro cozido. Essas gaiolas são feitas de arame de ferro galvanizado e revestidas com PVC, úteis para a estrutura de fechamento. Possui características importantes, como bom desempenho de proteção e comparada com outros tipos de muros de contenção, possui as características de resistência ao combate, penetração e baixo impacto ambiental, apresentando, portanto, uma excelente vantagem de custo (BAPTISTA E COELHO, 2010).

Figura 9 - Barragem de Gabião.



Fonte: FIORI; CARMIGNANI (2009).

É amplamente utilizado em projetos que incluem córregos e encostas de rios. A parede de gabião ajuda a reduzir a velocidade do fluxo de água e a manter o crescimento das plantas circundantes, pois possui lacunas na estrutura do fio. Tem uma grande vantagem de custo, mas o serviço é feito à mão e requer pessoal experiente para desenhar uma boa estrutura (CARVALHO, 2008).

Uma das características mais importantes da parede de gabião. Sua estrutura possui "vazios" que tornam as paredes permeáveis, de forma que a corrente de água contida possa ser descarregada. A parede de gabião pode ser instalada de acordo com o formato do solo, pois é uma estrutura flexível que pode suportar certas deformações sem quebrar (FLIZIKOWSKI, PELEGRINO E MAIA, 2008).

De acordo com Leão (2012) a estrutura de pedra já é resistente, mas o aço galvanizado e as telas revestidas de PVC oferecem proteção adicional contra corrosão para melhorar a durabilidade. As paredes de gabião são frequentemente utilizadas em ambientes como reservas florestais, riachos, rios e lagos para manter uma aparência imaculada sem danificar o crescimento das plantas devido a rachaduras estruturais.

Conforme mencionado anteriormente, a parede de gabião tem excelente flexibilidade estrutural e pode ser usada para vários fins, além de drenagem de rios ou engenharia de estradas. Seu uso varia de revestimento de bacia ao controle de erosão hídrica, como: engenharia de drenagem hidráulica; contenção ancorada por tirantes; paredes de contenção em estruturas de

edifícios; canalização e estrutura de rios, como canalização, correção de canais de rios, estabilização do fundo de leitos de rios, construção de pico e proteção de praia (SILVEIRA, 2006).

4.3.7 Barragem de madeira

Os principais elementos estruturais de suporte de carga das barragens de madeira são feitos de madeira, principalmente de variedades de coníferas, como pinheiro e abeto. As barragens de madeira são feitas para pequenas cabeças (2-4 m ou, raramente, 4-8 m) e geralmente têm comportas; de acordo com o desenho do avental, são divididos em pilha, berço, berço-pilha e represas com contraforte (ARAÚJO, 2008).

Figura 10 - Barragem de madeira.



Fonte: FIORI; CARMIGNANI (2009).

As aberturas de barragens de madeira são restringidas por pilares; onde a eclusa é muito longa, ela é dividida em várias aberturas por suportes intermediários: pilares, contrafortes e postes. As aberturas são cobertas por escudos de madeira, geralmente vários em uma fileira, um acima do outro. Guinchos simples, guinchos permanentes ou móveis, são usados para levantar e abaixar os escudos (ZUFFO, 2005).

4.3.8 Barragem de alvenaria de pedra

As barragens de alvenaria são construídas usando alvenaria de pedra ou alvenaria de tijolo. A argamassa de cimento é usada para unir os blocos de alvenaria. As barragens de gravidade e barragens em arco são exemplos de barragens de alvenaria (ZUFFO, 2005).

Barragens de preenchimento de rocha são construídas usando rochas e pedregulhos. O lado a montante da barragem é construído com alvenaria de entulho seco e o preenchimento de rochas soltas é fornecido no lado a jusante. Uma camada de laje de concreto armado também é fornecida no lado a montante para torná-la impermeável (ARAÚJO, 2008).

É mais estável do que as barragens de terra e sua natureza flexível o ajuda melhor contra as forças do terremoto.

Figura 11 - Barragem de alvenaria de pedra.



Fonte: (FIORI; CARMIGNANI, 2009).

4.4 SEGURANÇA DE BARRAGENS

As barragens são construídas para servir a propósitos úteis, mas como todas as estruturas feitas pelo homem, elas precisam atenção constante para aumentar sua vida útil, por um lado, e para remover qualquer perigo potencial que eles podem apresentar no outro. A avaliação da segurança de barragens deve ser um esforço contínuo que requer o estabelecimento de inspeção periódica e rotinas de exame seguidas de avaliação técnica de qualquer anomalia que possa aparecer (CASTRO, 2012).

Essa avaliação torna-se então a base de qualquer ação futura para eliminar a fonte de tal anomalia e restaurar as condições ao normal novamente. Para Leão (2012) a extensão e

profundidade desta avaliação e ações corretivas dependem de muitos fatores que contribuem em relação ao grau de segurança das barragens, são eles:

- Classificação de perigo da barragem com relação à perda de vidas e materiais;
- Tamanho da barragem, seu tipo, sua altura e o volume do reservatório que contém.
- O comportamento e o desempenho da barragem durante os últimos anos e a engenharia julgamento sobre sua integridade.

A revisão de segurança de qualquer barragem tem um peso especial durante seu represamento e apenas após o primeiro enchimento e deve continuar nos anos seguintes após o seu comissionamento. O primeiro enchimento de qualquer reservatório de barragem pode ser considerado a fase mais crítica de a vida da barragem. As estruturas da barragem neste período se ajustam às novas cargas aplicadas (ONU, 2019).

De acordo com a ONU (2018) a fundação sendo submetida a novas cargas hidráulicas e fluxos de a água deve se adaptar às novas condições, enquanto as infiltrações pelo corpo da barragem devem desenvolver até seu estado estável prescrito e deve estar dentro dos limites de segurança. No mesmo tempo, o corpo da barragem aplicará todo o seu peso na fundação, força de elevação sendo contabilizada, a fundação deve acomodar as novas cargas e assentar dentro dos valores calculados esperados, e como um todo a barragem deve se ajustar a qualquer possível liquidação diferencial.

Não só isso, mas todas as estruturas pertinentes devem operar de maneira suave, conforme prescrito em seu projeto. Tendo passado a primeira fase de enchimento, análises abrangentes de segurança devem continuar periodicamente para garantir a aplicação dos padrões de segurança exigidos, ou em caso de qualquer desvio, para restaurar as condições de volta ao normal (SILVEIRA, 2006).

Durante o tempo entre tais revisões, inspeções contínuas e monitoramento da barragem devem ser feitos em breve intervalos. Todas as observações e dados obtidos, incluindo gravações de instrumentação devem ser tabulados, analisados e mantidos para a próxima revisão de segurança; a menos que seja importante ameaça é observada, caso em que uma ação urgente é necessária (ZUFFO, 2005).

4.4.1 Normas nacionais e internacionais

Embora houve várias tentativas no passado para desenvolver legislação sobre segurança de barragens, o Brasil atualmente não possui tal legislação, seja em nível federal ou estadual. No entanto, em 1999, a filial de São Paulo do Comitê Brasileiro de Barragens publicou um Guia Básico Guia de Segurança de Barragens com base nas Diretrizes de Segurança de Barragens publicadas pela *Canadian Dam Association* (ARAÚJO, 2008).

Essas diretrizes se tornaram uma referência geral para proprietários de barragens e engenheiros no Brasil. Recentemente, algumas movimentações podem resultar em um estatuto brasileiro de segurança de barragens (BAPTISTA E COELHO, 2010).

De acordo com Carvalho (2008) a Agência Reguladora de Energia (ANEEL) solicitou a todas as concessionárias públicas e privadas que lhe fornecessem informações básicas e atualizadas sobre a situação e as operações das barragens associadas às usinas hidrelétricas. Além disso, a nova Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) solicitou ao Comitê Brasileiro de Barragens para trabalhar com ela em um projeto que deverá resultar em um projeto de lei nacional de segurança de barragens.

O marco regulatório para a segurança de barragens na Argentina consiste em um decreto administrativo que cria o Organismo Regulador de Seguridad de Presas (ORSEP), ou órgão regulador de segurança de barragens. O ORSEP é uma agência reguladora independente dentro da Secretaria de Recursos Hídricos. Ele substitui o ORSEP Comahue, que foi estabelecido em 1993, e três comissões transitórias sobre segurança de barragens (ARAÚJO, 2008).

De acordo com Baptista e Coelho (2010) a função do ORSEP é supervisionar as questões de segurança de barragens no projeto, construção, manutenção e operação de projetos hidrelétricos privatizados. O ORSEP tem poderes de polícia para lidar com questões de segurança de barragens. Isso significa que o ORSEP tem o poder de desenvolver normas e diretrizes técnicas relativas à segurança de barragens, compilar estatísticas sobre barragens, prestar assistência aos órgãos governamentais que solicitem sua assistência e colaborar com outros órgãos que trabalham com segurança de barragens.

Tem o poder de fazer cumprir a lei relativa à segurança de barragens e de intervir em processos judiciais e legais relacionados com a segurança de barragens. O ORSEP fornece certificados de aprovação para as obras dentro de sua jurisdição e é responsável por avaliar o

desempenho dos licenciados e concessionários de barragens. Também é responsável por avaliar o desempenho dos licenciados e concessionários de barragens (CARVALHO, 2008).

De acordo com Castro (2012) a ORSEP financia a sua atividade através de taxas e mensalidades pagas pelas entidades que regula. Os contratos dos licenciados de barragens incluem obrigações relacionadas à segurança da barragem. Estes incluem o desenvolvimento e manutenção de planos de avaliação ambiental, monitoramento regular e avaliação do desempenho da barragem e inspeções periódicas por consultores independentes. Além disso, os proprietários de barragens são obrigados a manter um plano de ação de emergência atualizado. Este plano deve ser aprovado pelo ORSEP. O proprietário deve manter uma cópia do plano. A autoridade máxima no ORSEP é o Conselho Técnico. Este órgão é composto pelos chefes dos quatro escritórios regionais do ORSEP e por um presidente.

O presidente da Argentina nomeou os primeiros membros deste conselho. No entanto, espera-se que no futuro os membros do conselho sejam escolhidos em uma eleição competitiva. Existem quatro escritórios regionais sob este conselho. Esses escritórios têm responsabilidades técnicas e institucionais independentes. Cada uma é chefiada por um diretor regional, e há um diretor para cada província sujeita à jurisdição do escritório regional (pode haver mais de uma província por escritório regional) (FIORI E CARMIGNANI, 2009).

O ORSEP deve apresentar um relatório anual ao governo sobre as condições estruturais e operacionais das 32 barragens privatizadas na Argentina. É importante observar que existem mais 70 barragens não privatizadas na Argentina. Essas barragens pertencem às províncias e não estão sujeitas a nenhuma estrutura regulatória nacional ou federal de segurança de barragens (JANSEN, 1983).

No Canadá, a gestão dos recursos hídricos é uma responsabilidade provincial. Na ausência de legislação provincial específica sobre segurança de barragens. Estruturas regulatórias para diretrizes de segurança de barragens, emitidas pela *Canadian Dam Association* (CDA) em janeiro de 1999, são tratadas como evidência das melhores práticas. As diretrizes sugerem que a responsabilidade por todos os aspectos da segurança de barragens deve ser claramente definida e a delegação de autoridade deve ser documentada (LEÃO, 2012).

Eles afirmam que normalmente o proprietário da barragem é responsável pela segurança da barragem, o que significa que o proprietário é responsável por garantir que as revisões de segurança da barragem e todas as melhorias de segurança necessárias sejam realizadas por pessoas com conhecimento e qualificação. Isso significa que a revisão deve ser realizada sob a

direção de um engenheiro profissional qualificado em projeto, construção, avaliação de desempenho e operação de barragens (SILVEIRA, 2006).

De acordo com Zuffo (2005) essa pessoa é responsável por fornecer os resultados da revisão da segurança de barragens em um relatório de segurança de barragens. O proprietário também é responsável por preparar um plano de preparação para emergências. O CDA sugere que o proprietário da barragem também deve informar sobre a segurança e envolver o público na resolução de questões de segurança da barragem.

O CDA recomenda que a revisão de segurança deve identificar pontos de referência contra os quais as comparações podem ser feitas para que seja possível testar se o desempenho real da barragem está em conformidade com as políticas internas, diretrizes do CDA e melhores práticas. O CDA propõe que as responsabilidades das agências reguladoras sejam claramente definidas (ARAÚJO, 2008).

Essas responsabilidades podem incluir a manutenção de um inventário de barragens, exigindo que os proprietários de barragens forneçam relatórios periódicos de segurança de barragens, adotando padrões substantivos para segurança de barragens, exigindo ações corretivas com base nas recomendações do engenheiro que conduz a revisão de segurança de barragens, estabelecendo o momento da segurança de barragens revisões e inspeção de barragens (BAPTISTA E COELHO, 2010).

A autoridade reguladora também deve ter o poder de aceitar ou rejeitar relatórios de segurança de barragens em declarações escritas e fundamentadas. O CDA também sugere que as barragens devem ser classificadas de acordo com as consequências de sua ruptura, as características físicas da barragem e a probabilidade percebida de sua ruptura. Essa classificação deve fornecer a base para determinar o nível de atividade de vigilância (BRASIL, 2015).

O CDA também discute o conteúdo das análises de segurança de barragens. Ele argumenta que essas revisões devem incluir o projeto, operação, manutenção, vigilância e planos de emergência e devem ter como objetivo determinar se eles são seguros em todos os aspectos. Caso contrário, a revisão deve procurar determinar quais melhorias de segurança são necessárias (CARVALHO, 2008).

O nível de detalhe da revisão deve ser consistente com a importância, o conservadorismo do projeto e a complexidade da barragem, bem como com as consequências do rompimento. Após esta primeira revisão, análises abrangentes de segurança de barragens

devem ocorrer a cada 5 a 10 anos, dependendo das consequências do rompimento da barragem (CASTRO, 2012).

Essas análises devem incluir inspeções no local, uma revisão do projeto e construção da barragem para ver se eles atendem aos padrões atuais, uma revisão das operações e procedimentos de manutenção, teste de instrumentação para coleta de dados, vigilância e monitoramento da preparação para emergências da barragem e verificação do cumprimento das recomendações das revisões anteriores da conclusão da revisão, o engenheiro responsável pela revisão deve produzir um relatório que aborde todos os aspectos da revisão e identifique quaisquer ações adicionais necessárias para a operação, manutenção e vigilância seguras da barragem (COSTA, 2012).

As diretrizes também propõem que cada barragem deve ter um Manual de Operações, Manutenção e Vigilância (Manual OMS) que descreve os procedimentos para OMS. Este manual deve fornecer informações adequadas para permitir uma operação segura e definir a cadeia de responsabilidades operacionais. O Manual do OMS deve ser revisado anualmente. Deve também assegurar que registros adequados sejam mantidos sobre questões como operações e condições operacionais (FLIZIKOWSKI, PELEGRINO E MAIA, 2008).

Finalmente, as barragens precisam de planos de preparação para emergências que incluam processos de notificação. Os planos, que devem ser por escrito, devem identificar os procedimentos e processos que os operadores de barragens devem seguir em caso de emergência. Normalmente, os governos provinciais ou locais teriam a responsabilidade de alertar os residentes sobre situações perigosas com base nas informações fornecidas pelo proprietário ou operador da barragem (JANSEN, 1983). É importante notar que a ausência de regulamentação governamental ou reguladores não nega a responsabilidade do proprietário pela segurança da barragem e preparação para emergências. O nível de detalhe no plano de emergência deve ser determinado pelo grau de impacto potencial da emergência. Deve haver testes periódicos dos planos de preparação para emergências. Alberta, British Columbia, Ontário e Quebec são as únicas províncias canadenses com legislação específica de segurança de barragens (LEÃO, 2012).

4.4.2 Órgãos responsáveis pela fiscalização e legislação existente

Os órgãos responsáveis na fiscalização de barragens no Brasil são: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), e Agência Nacional de Mineração (ANM), em caso de barragens de rejeito de minério e o inclui-se o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). A ANA por sua vez tem o papel de fiscalizar principalmente a segurança de barragens de acumulação de água, estabelecidas em rios de domínio da União para as quais emitiu outorga. Além disso, a ANA é responsável pela implantação, organização e gestão do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB); além de promover a articulação entre os órgãos de fiscalização de barragens; atuante na coordenação e na elaboração do Relatório de Segurança de Barragens, que por sua vez o encaminha ao Congresso Nacional até o dia 20 de setembro de cada ano.

Segundo Costa (2012) o exame visual, medições e verificação de rotina do desempenho das barragens são partes importantes do trabalho de monitoramento da barragem. Esse monitoramento é a primeira etapa de qualquer processo de avaliação da segurança da barragem. Este exame feito junto com o acompanhamento de registros de instrumentos e outras medições devem trazer para a atenção de um inspetor experiente para qualquer anomalia ou comportamento incomum da barragem e suas estruturas pertinentes.

Em muitos casos conhecidos, a observação programada foram executados diligentemente, mas a negligência e a inação subsequentes resultaram em outros incidentes e danos que poderiam ter sido evitados. A seleção de inspetores é de suma importância, uma vez que a experiência e diligência do inspetor pode desempenhar um papel importante em evitar grandes incidentes a tempo (ARAÚJO, 2008).

Para Baptista e Coelho (2010) a segurança das barragens pode ser ameaçada por vários fatores, e o inspetor deve ter boa ideia de possíveis falhas e suas consequências. Isso é importante para que qualquer anomalia observada pode estar ligada à sua causa raiz, e que pode estar sujeita para mais observação cuidadosa e intensiva e acompanhamento conforme necessário.

É dever do *designer* incluir em sua técnica relatório da barragem todas as premissas utilizadas e os limites permitidos de desvios compatível com desempenho seguro; enquanto o relatório de operação e manutenção deve incluir as melhores maneiras de realizar inspeções visuais e monitoramento de medições, além de sua frequência, detalhes dos instrumentos utilizados e o tratamento dos dados obtidos (CBDB - COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS, 2003).

Outros problemas que podem prejudicar a estabilidade e integridade das barragens estão se abrindo de juntas entre elevadores de concreto, o que significa o desempenho da barragem como uma unidade não existe mais. O progresso da abertura da junta deve ser seguido cuidadosamente e continuamente e se a infiltração de água começar a aparecer nessas juntas, isso indica o desenvolvimento de uma elevação perigosa que representa outra fonte de preocupação, e da mesma forma, pode levar à lixiviação do cimento e causar seu esfacelamento (SILVEIRA, 2006).

De acordo com Zuffo (2005) o congelamento e o descongelamento em condições climáticas extremas exasperam o processo e levam ao progresso da abertura dessas articulações. Superfícies de concreto sujeitas ao desgaste do fluxo de água com o tempo, especialmente em partes de escoamento de alta velocidade em vertedouros e estruturas de saída. Este processo de desgaste é exasperado por cargas pesadas de sedimentos e detritos transportados pela água corrente durante altas inundações.

O engenheiro de inspeção deve procurar mais por indicações de qualquer cavitação problemas que se desenvolvem com o tempo devido a superfícies de concreto rugosas ou falhas alinhamentos de planos em conduítes, calhas e bacias de dissipação. A questão de drenos viáveis e poços de alívio de pressão de elevação é importante para a estabilidade geral da barragem (ARAÚJO, 2008).

A inspeção detalhada do vertedouro e saídas de metais e sistemas de tubulação é um aspecto importante para garantir uma operação segura, portanto, eles merecem especial atenção nas rotinas de inspeção de segurança. Essa inspeção deve ser seguida por ações corretivas em caso de descoberta de deficiências (JANSEN, 1983).

Tipos de inspeção e suas frequências incluídas em um programa de inspeção para qualquer barragem não deve impedir outras inspeções ou inspeções mais frequentes, se consideradas necessário dependendo da história da barragem e da importância da instalação. Para alguns projetos, inspeções menos frequentes podem ser permitidas onde o potencial de perigo e integridade estrutural justifica tal relaxamento (BAPTISTA E COELHO, 2010).

De acordo com Araújo (2008) as inspeções informais são normalmente atribuídas ao pessoal operacional no local que tem responsabilidade direta pelo bom funcionamento da barragem e acompanhamento de suas boas condições. Esses operadores não precisam ter educação formal nas áreas de engenharia ou geologia, mas eles devem ser bem treinados e informados sobre o grande confiança colocada neles e a grande importância e necessidade

absoluta de sua inspeção cuidadosa e relatórios.

Eles devem identificar e relatar os vários aspectos do comportamento da barragem de acordo com instruções detalhadas e lista de verificação de itens que precisam de inspeção. Esta lista deve ser preparada especificamente para o projeto pela engenharia e operação especialistas e devem dar instruções e orientações adequadas (JANSEN, 1983).

Segundo Leão (2012) quaisquer condições incomuns que pareçam críticas ou perigosas e precisam ser imediatas a atenção deve ser informada imediatamente ao nível superior de gestão ou àqueles atribuída a responsabilidade de inspeção. Atenção especial deve ser dada a detectar evidências de (ou mudanças em) vazamento, erosão, buracos, furúnculos, infiltração, instabilidade de talude, assentamento indevido, deslocamento, inclinação, rachadura, deterioração, e mau funcionamento de drenos e poços de alívio.

As inspeções informais devem ser agendadas conforme necessário de acordo com o tamanho da barragem, importância e potencial de perda de vidas e danos à propriedade. A programação para a inspeção deve ser alterada pelos engenheiros, conforme necessário para responder a condições de mudança observadas. Mas espera-se que o pessoal operacional execute uma inspeção imediatamente após qualquer evento incomum, como grandes inundações, terremotos, suspeita de sabotagem ou vandalismo. Nesses casos, eles podem precisar tirar fotos e vídeos para fornecer gravações em tempo real de tais incidentes (SILVEIRA, 2006).

As inspeções intermediárias devem incluir uma inspeção de campo completa da barragem e estruturas pertinentes, e uma revisão dos registros de inspeções feitas em e após a última inspeção formal. Se forem observadas condições incomuns que são fora da experiência desses inspetores, devem ser tomadas providências para vistorias a serem conduzidas por especialistas (ZUFFO, 2005).

A frequência de inspeções intermediárias é normalmente especificada em barragens de vários países códigos e diretrizes de segurança, mas de preferência realizados em uma base anual, ou pelo menos semestralmente, especialmente onde há uma grande probabilidade de que o rompimento da barragem possa resultar em perda de vidas (ARAÚJO, 2008).

As inspeções intermediárias devem ser realizadas por engenheiros tecnicamente qualificados, experiente na operação e manutenção de barragens, e treinado para reconhecer condições anormais. Os inspetores devem ter acesso e estar familiarizados com todos os documentação permanente, especialmente os históricos de operação e manutenção para a

barragem e deve ser responsável por, e intimamente familiarizado com a operação características da barragem (BAPTISTA E COELHO, 2010).

Uma inspeção formal é necessária periodicamente para verificar a segurança e integridade do barragens e estruturas adjacentes. As inspeções formais devem incluir uma revisão de segurança para determinar se as estruturas atendem aos critérios e práticas de projeto aceitos atualmente. Isto também deve envolver a revisão de todos os documentos relacionados, incluindo registros de instrumentação, procedimentos de operação e manutenção e, na medida do necessário, documentação na investigação, projeto e construção (BRASIL, 2015).

Ao realizar a inspeção detalhada das estruturas da barragem e de seus equipamentos, além de inspeções de mergulho de estruturas subaquáticas que afetam a integridade do pode ser necessário incluir a barragem. Todas as inspeções formais devem ser conduzidas por uma equipe de engenheiros e geólogos altamente especializados e treinados (BRASIL, 2003).

As inspeções realizadas pela equipe de fiscalização dos órgãos, devem ser feitas em um intervalo não superior a cinco anos. Dependendo da experiência anterior ou da história do projeto, algumas barragens podem exigir inspeções formais mais frequentes. Fora do cronograma de inspeção adotado, especial as inspeções devem ser realizadas imediatamente após a barragem ter passado de maneira incomum grandes inundações e após a ocorrência de terremotos significativos, sabotagem ou outros eventos incomuns relatados pelo pessoal operacional (CARVALHO, 2008).

Segundo Castro (2012) as inspeções formais e especiais estão sendo conduzidas sob a direção de licenciados engenheiros profissionais com experiência na investigação, projeto, construção e operação de barragens. A equipe de inspeção deve ser escolhida em uma base específica do local considerando a natureza e o tipo da barragem. A equipe de inspeção deve compreender indivíduos com conhecimento especializado adequado em; estrutural, mecânico, projeto elétrico, hidráulico e de aterro, geologia, materiais de concreto e procedimentos de construção.

4.5 ROMPIMENTO DE BARRAGENS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Rompimento de barragens são conhecidos como acidentes graves. Além disso, por atrapalhar o cotidiano - com consideráveis danos (materiais, econômicos e ambientais), prejuízos e impactos à saúde das populações locais na medida em que ultrapassam a capacidade

de resposta das comunidades, municípios e regiões diretamente envolvidos, este tipo de acidentes é também classificado como desastre (SERRA, 2018).

Os dois incidentes mais graves envolvendo barragens de mineração no século XXI ocorreram no Brasil no final de 2015 e início de 2019, respectivamente. Por derivarem de processos de produção de mineração e eliminação de resíduos com impactos que se estendem no espaço (centenas de quilômetros de distância do local do evento) e no tempo (ou seja, mudanças ecológicas e contaminações cujos efeitos podem durar anos e mesmo décadas) (SANTOS; WANDERLEY, 2016).

O desastre da Samarco (subsidiária da Vale SA), em 2015, provocou 19 mortes, incluindo 14 trabalhadores, e liberou 50 milhões de m³ de rejeitos que se estenderam por 36 municípios, totalizando 650 km ao longo do rio Doce. Por sua vez, o desastre ocorrido em 2019, em uma das mineradoras da Vale S/A, teve mais de 300 vítimas (SERRA, 2018).

No incidente ocorrido com a empresa Vale S/A, foram lançados um total de 13 milhões de m³ de rejeitos em rios da região, que se estenderam por um total de 18 municípios ao longo de aproximadamente 250 quilômetros. Ambos os incidentes tiveram enormes impactos nas bacias dos rios Doce e Paraopeba, incluindo enormes quantidades de resíduos e altos níveis de contaminação com metais pesados, que interferem nas condições de vida e trabalho de milhões de pessoas ao longo do curso de ambos os rios, e ameaçam os serviços ecossistêmicos o sustento das gerações futuras (SANTOS; WANDERLEY, 2016).

A ruptura da barragem da Vale S/A é uma das mais graves entre várias ocorridas no Brasil entre 2001 e 2019. Em relação aos incidentes da Samarco (2015) e da Vale S/A (2019), as barragens foram classificadas com critério de baixo risco (RC; documentação atendida aos requisitos legais e supostamente indicava administração adequada e baixa probabilidade de acidentes) e alto risco potencial associado (APR; concentração populacional próxima e integridade ecológica, com consequências em caso de falhas graves) (SANTOS; WANDERLEY, 2016).

De acordo com a Política Nacional de Segurança de Barragens (Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010) alterada pela 14.066, de 30 de setembro de 2020, os empreendedores são responsáveis pela segurança das barragens. Neste contexto, cada órgão fiscalizador ANA, ANEEL, ANM estabelece sua legislação e cada resolução trás consigo suas exigências mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem considerando as especificidades que cada tipo de estrutura requer. (Citar leis nas referências)

Uma das obrigações legais das empresas é a elaboração, bem como a atualização do Plano de Segurança de Barragens (PSB) se necessário. O objetivo do PSB é contribuir para a gestão da segurança de barragens e deve incluir informações gerais, planos e procedimentos, relatórios de inspeção, revisões periódicas de segurança e um Plano de Ação de Emergência (PAE), na verdade, apenas obrigatório para estruturas de barragens com alta APR ou quando exigido pelas agências de supervisão (SANTOS; WANDERLEY, 2016).

4.5.1 Caso de rompimento da barragem da PCH Apertadinho

A tragédia ocorrida em 2008 no estado de Rondônia, com o rompimento da barragem da PCH (Pequena Central Hidrelétrica) Apertadinho, localizada na cidade de Vilhena, região sul do estado, no rio Comemoração, causou severos danos à região. O rompimento ocorreu durante a fase final de construção do empreendimento, e causou danos em 1.501,4 hectares de devastação. Causando danos ao nativo vegetação e fauna, destes 271,1 hectares foram classificados como desmatamento pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (NISR) por meio do monitoramento do PRODES sistema (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

Após uma década do acidente a área impactada não foi recuperado. O próprio DEEP 2026 aponta que as cidades da região Norte têm redes urbanas menos densas e por isso mais sensíveis à pressão sobre a infraestrutura de grandes projetos, como UPPs, um exemplo claro do que aconteceu na capital do estado, com as usinas de Jirau e Santo Antônio (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

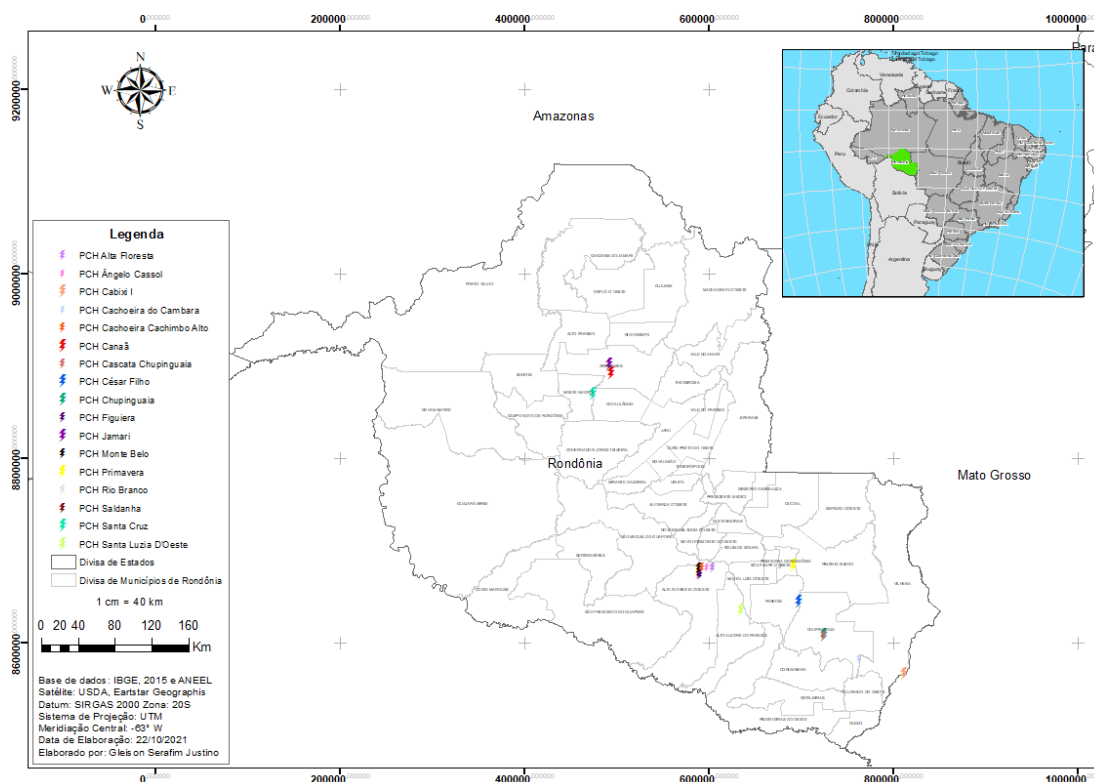
Segundo matéria publicada pelo jornal a Folha de São Paulo (2015), a PCH de Apertadinho, na cidade de Vilhena, estava em fase final de construção, em janeiro de 2008 quando a barragem rompeu, provocou danos ambientais numa área de aproximadamente 1.324 hectares. Em vistoria técnica realizada pela Secretaria Estadual de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia (SEDAM) na época, avaliou que o acidente destruiu mata nativa e fauna em áreas de preservação permanentes (APP), provocou assoreamento, lançou detritos no rio, entre outros estragos.

4.6 PEQUENAS CENTRAIS HIDRÉLETRICAS NO ESTADO DE RONDÔNIA

As PCH's ou Pequenas Centrais Hidrelétricas têm desempenhado um papel muito importante em Rondônia especialmente nas cidades. A cidade de Vilhena por exemplo, recebeu a primeira pequena central hidrelétrica do estado com capacidade instalada de 2.600 kW (BACELLAR, 2017).

A pequena central hidrelétrica do Rio Vermelho foi inaugurada em 1987. Anteriormente, a eletricidade era totalmente fornecida por meio de Pequenas Centrais Térmicas (STPPs). Dois anos depois em 1989 foi inaugurada a UHE Samuel localizada no município de Candeias do Jamari (RO). Devido à implantação da Pequena Central Hidrelétrica Plantas houve um aumento na quantidade e qualidade da energia produzida no Estado, o que garante 24 horas abastecimento em várias cidades do estado (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

Figura 12 - Carta imagem das PCH's instaladas em Rondônia.



Fonte: IBGE, 2015.

Consoante o Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA) o estado de Rondônia atualmente possui 17 PCHS em operação, 1 em construção (Apertadinho) e 3 empreendimentos com obras não iniciadas (Machadinho I, Cachoeira Formosa e Urubu). A capacidade instalada das 17 PCHS em Rondônia é de 151.171 kW com área total alagada de 7.351,4 hectares.

Além das Pequenas Centrais Hidrelétricas em operação, outra espera-se que quatro entrem em operação. Um abaixo construção (PCH Apertadinho na cidade de Vilhena com 30 MW de capacidade instalada) e três outros em não construção iniciada: Machadinho I (10,5 MW), Cachoeira Formosa (12,3 MW) e urubu (21 MW). O HPP Tabajara com capacidade instalada de 400MW localizada em a cidade de Ji-Paraná deve entrar em operação em 2025 (BACELLAR, 2017).

Para atender à demanda de energia elétrica, é necessário manter uma matriz energética distribuída, com foco em fontes renováveis, levando em consideração as premissas socioambientais.

Estimasse que em 2026, o consumo de energia no país pode chegar a 741 TWh e a energia hidrelétrica é a principal fonte de abastecimento. Com grande potencial a ser explorado, principalmente no estado de Rondônia (Brasil), as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) são uma das principais candidatas a contribuir com o crescimento da demanda por energia. É imprescindível que técnicas e tecnologias de eficiência energética, como repotenciação, sejam utilizadas por políticas públicas para promover o desenvolvimento sustentável (BACELLAR, 2017).

De acordo com o Plano Nacional de Energia (NEP) em 2030 a maior parte do potencial hidráulico a ser aproveitado é encontrado na região Norte. Trazendo uma série de desafios econômicos, sociais e ambientais. Tal desafios requerem planejamento e participação de vários setores: governo, academia, ONGs, comunidades locais, etc (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

A hidroeletricidade ainda tem um custo menor em comparação com outras fontes renováveis, além de fornecer segurança energética, complementaridade com outras fontes renováveis, operacional flexibilidade e manutenção de um sistema elétrico de baixo carbono matriz. No entanto, essa geração depende da hidrologia condições. Em 2015, por exemplo, devido a desfavorável condição hidrológica, foi necessário aumentar geração em termelétricas, que gerou quase 65 MtCO₂e no Sistema Interligado Nacional (BACELLAR, 2017).

Em condições normais, emissões para 2020 e 2026 são estimados em 24 e 37 MtCO₂e, respectivamente. Para ser considerada Pequena Central Hidrelétrica (PCH), a empresa deve atender a certos critérios, que por sua vez têm mudado com o tempo. No contexto atual a ANEEL por meio da Resolução Normativa nº 673/2015 define que, a ser projetos considerados com características de PCH devem: ser destinado à autoprodução ou produção independente;

potência instalada superior a 3.000 kW e não superior 30.000 kW; e área do reservatório de até 13 km² excluindo a calha regular do leito do rio (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

Dentro da Lei de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) de 1998 que criou incentivos para o setor (Lei 9.658), os proprietários de usinas podem vender energia diretamente para grandes consumidores (que demandam mais de 500 kW), eles podem usar o sistema de rede com pelo menos 50 % de desconto nos encargos de distribuição e pode usufruir de recursos especiais para geração de energia em áreas remotas (principalmente no Norte) (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

As pequenas centrais hidrelétricas contribuem para o desenvolvimento energético e social desenvolvimento do Brasil. De acordo com DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al (2017), a pesquisas realizadas pelos pontos técnicos de campo da Agência fora que nas 176 cidades com pequenas centrais hidrelétricas analisadas a Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) passou de 0,594 a 0,712 no período de 2000 a 2010 superando os valores de outras cidades da mesma microrregião (BACELLAR, 2017).

Comparado a outras formas de geração de energia Bacellar (2017) aponta que além das vantagens das pequenas centrais hidrelétricas, com menor impacto ambiental, melhor aproveitamento da água, redução de perdas nas linhas de transmissão, descentralização da produção e geração de locais empregos, geralmente são implementados por pequenos e investidores médios em vez de grandes instituições bancárias.

Com a construção de Pequenas Centrais Hidrelétricas é possível reduzir a dependência de grandes hidrelétricas, reduzindo a vulnerabilidade geral do sistema em caso de ciclos hidrológicos desfavoráveis; participando de mais maneira eficiente as necessidades dos pequenos centros consumidores, seja se são urbanos, rurais ou industriais e induzem investimentos sob a influência do projeto, contribuindo para a desenvolvimento (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

A ênfase para o desenvolvimento de pequenas centrais hidrelétricas (PCH) está atualmente no norte e noroeste, que tem uma grande concentração de rios e vilas remotas ao longo deles. O objetivo é substituir os geradores a diesel nessas aldeias e todos os projetos de PCHs podem se qualificar para o financiamento de carbono (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

O Governo Federal oferece uma série de incentivos financeiros para proprietários e desenvolvedores de projetos hidrelétricos de pequena escala e vários bancos e agências internacionais também atuam no setor no Brasil. O Programa de Desenvolvimento Energético

em Estados e Municípios (PRODEEM) é um exemplo recente de iniciativa de parceria público-privada que apoiou energias renováveis em pequena escala para eletrificação de comunidades remotas (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

4.7 IMPACTOS AMBIENTAIS DAS PCHS NO ESTADO DE RONDÔNIA

4.7.1 Meio Físico

Barragens hidrelétricas e seus reservatórios envolvem fluxo de água restrito e submersão de massas de terra, o que levou à eutrofização (condições da água que dão origem a florescências excessivas de algas, como cianobactérias). Essas florescências poderiam ter efeitos desastrosos, como toxicidade da água e hipóxia, podendo ser graves riscos para a saúde humana além de matar peixes e vida aquática abaixo da superfície (BACELLAR, 2017).

Além disso, as barragens e os reservatórios causam variações de temperatura da água que perturbam os habitats das espécies do rio, favorecem a criação de caramujos e mosquitos (que são vetores de doenças fatais como malária e esquistossomose), bloqueiam a migração de peixes para desova e perturbam os ecossistemas circundantes e a jusante, incluindo pântanos, florestas e planícies aluviais (BACELLAR, 2017).

Embora a energia hidrelétrica tenha emissões de CO² de ciclo de vida substancialmente mais baixas por kW/h do que as fontes de gás e biomassa de carvão, quantidades significativas de metano, óxido nitroso e dióxido de carbono são liberadas na atmosfera a partir dos reservatórios hidrelétricos (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

Para se ter uma ideia do quão significativas são essas emissões, a usina de Belo Monte está projetada para produzir 1 milhão de toneladas de CO² anualmente durante os primeiros 10 anos de operação. Além disso, grandes reservatórios resultam em um aumento significativo nas taxas de evaporação e umidade. Nas regiões mais áridas do Brasil, esse aumento pode, conseqüentemente, resultar em aumento da salinidade da água (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

A taxa de evaporação aproximada do maior reservatório hidrelétrico do Brasil, Sobradinho, é de 2.000 l/m³ de água por ano, demonstrando que a quantidade diária de água evaporada corresponde à demanda diária de abastecimento de água em todo o país. Por último, a construção de usinas hidrelétricas causou desmatamento significativo devido apenas à inundação do reservatório. A área combinada de perda de floresta das represas Balbina,

Tucururí e Samuel foi de 2.112 metros quadrados (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

Os acúmulos de sedimentos em áreas inundadas a montante de barragens causam assoreamento também pode causar danos a jusante do empreendimento, como erosão das margens do canal. Segundo Oliveira (2017), a acumulação de sedimentos nos reservatórios tem impacto econômico. Enquanto a capacidade de acumulação é reduzida, implicando em uma redução no potencial de energia. Além disso, a vida útil do reservatório é encurtada e se o assoreamento atingir a saída de água, o equipamento pode ser danificado pela abrasão.

O assoreamento também pode causar aumento da cavitação fenômenos em pás de turbinas hidráulicas também, devido à queda nos níveis de pressão. Na análise dos impactos causados por pequenas centrais hidrelétricas o risco da interrupção da barragem também deve ser considerado (BACELLAR, 2017).

Mudanças na qualidade da água; além dos já mencionados fatores favoráveis para a qualidade da água, existem também algumas restrições relacionadas com mudanças na estrutura e função do ambiente aquático. A principal preocupação é o possível início do processo de eutrofização devido ao aumento drástico da média tempo de residência na água do corpo d'água (transformação de ambiente lótico em lêntico) (BACELLAR, 2017).

Eutrofização é o crescimento excessivo de plantas aquáticas, planctônicas, aderidas ou enraizadas, em níveis que podem causar interferência com os usos desejados do corpo d'água. A submersão de grandes áreas de terra pode contribuir para o acúmulo e liberação de nutrientes (nitrogênio e fósforo) oriundos da biomassa inundada (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

Os principais efeitos indesejáveis da eutrofização são: recreativos e problemas estéticos: provocando a redução do uso da água para recreação, atração turística devido ao florescimento frequente de algas, crescimento excessivo da vegetação, surgimento de mosquitos e insetos, odores ruins ocasionais; condições anaeróbias no fundo do corpo d'água: o aumento da produtividade do corpo d'água provoca um aumento na concentração de bactérias heterotróficas, que se alimentam de substâncias orgânicas matéria de algas e outros microorganismos mortos, consumindo oxigênio dissolvido do meio líquido. No fundo do corpo d'água ocorrem condições predominantemente anaeróbias, devido à sedimentação de matéria orgânica e a pequena penetração de oxigênio, juntamente com a ausência de fotossíntese (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

Reservatórios que, devido à sua localização geográfica e às condições climáticas inerentes, tendem a apresentar algumas características típicas: intensa radiação solar e altas temperaturas da água aceleram absorção de nutrientes pelas algas; picos de população fitoplanctônica são menos frequentes em comparação com clima temperado sistemas aquáticos; alta capacidade de assimilação de nutrientes, associada a taxas de reciclagem aprimoradas, levam ao prevalência de alto grau de produtividade; uma vez que as concentrações de nutrientes, especialmente dissolvidas teores de fósforo são geralmente baixos, muitos corpos d'água podem ser classificados como oligotróficos, apesar de suas alta produtividade; às vezes, baixas densidades de fitoplâncton podem estar associadas a altas taxas de crescimento (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

Atualmente existe uma discussão mundial sobre os requisitos para a definição do chamado fluxo ambiental, ou seja, o fluxo mínimo de água que pode garantir o desenvolvimento adequado de vida aquática e os usos da água correspondentes. Em muitos países, esse valor não é constante, mas sim depende das características dos hidrogramas locais (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

No Brasil o exemplo mais marcante é o baixo alcance da vazão do reservatório de Belo Monte (rio Xingu, região amazônica), que se estende por aproximadamente 100 km. Um fluxo mínimo de água foi imposto aqui a fim de manter condições adequadas para o transporte através de embarcações utilizadas pela população indígena local (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

As emissões de GEE de reservatórios em escala global estão sujeitas a grandes incertezas, e há uma grande necessidade de mais observações e melhor compreensão dos processos incluído. Os modelos de simulação podem desempenhar um papel importante na compreensão e análise de quaisquer mudanças para as emissões de GEE devido à construção de um reservatório em uma bacia hidrográfica (BACELLAR, 2017).

O CO_2 é produzido em condições óxicas e anóxicas na coluna de água e nos solos inundados e sedimentos de reservatório e é consumido por produtores primários aquáticos na zona eufótica do reservatório. CH_4 é produzido em condições anaeróbicas, principalmente nos sedimentos; uma parte será oxidada a CO_2 por bactérias metanotróficas na água e sedimentos em condições aeróbias (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

Condições semelhantes também podem causar a formação de N_2O (óxido nitroso), que tem um potencial muito alto para o aquecimento global interferência (310 vezes mais intensa que o CO_2) (BACELLAR, 2017).

Reservatórios podem se tornar criadouros de vetores de doenças. Isso é verdade especialmente em áreas tropicais onde os mosquitos (que são vetores da malária) e caracóis (que são vetores da esquistossomose) pode tirar proveito do fluxo lento da água (BACELLAR, 2017).

Inundação permanente causada por inundação do reservatório também altera pântanos, florestas e outros habitats cercado o rio. Outras perturbações do ecossistema ocorrem em áreas ao redor das margens dos rios, que são de uma biodiversidade particularmente rica, sustentada pela inundação natural de um rio sem barragens. Rios represados reduzir as taxas de inundação, e isso tem consequências negativas nas planícies aluviais a jusante que dependem de águas sazonais para a sobrevivência (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

Existem também os impactos indiretos das mudanças climáticas: escassez de água e competição entre outros setores (por exemplo, agricultura, indústrias, consumo urbano); degradação do solo e assoreamento, dependendo sobre a vulnerabilidade do solo à ação da água da chuva e do rio, escassez de vegetação e solo dessecação durante os períodos de seca, promovendo erosão e transporte de sedimentos para os reservatórios (BACELLAR, 2017).

Na avaliação dos impactos das mudanças climáticas nas bacias hidrográficas, existem incertezas sobre o efeito estufa cenários de emissão de gases (GEE) e modelos de circulação global (GCMs), bem como incertezas em relação à redução de escala e modelagem hidrológica. Os GCMs produzem projeções climáticas, proporcionando informações sobre incertezas climáticas e disponibilidade de água de forma mais aproximada, e são usadas diretamente na previsão do escoamento em estudos mais gerais (BACELLAR, 2017).

As simulações dos impactos das mudanças climáticas são geralmente realizadas com um período de controle e cenários futuros de 30 anos, compreendendo três fases de simulação, a saber: desenvolvimento de modelo, simulação de controle (período base) e simulação de futuro cenários, além de utilizar diferentes variáveis (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

Avaliar o impacto das mudanças climáticas nos esquemas de represamento é bastante complexo, exigindo informações como transferências entre bacias e especificações de projeto. A literatura existente geralmente avalia locais únicos, não estabelecendo como incluir vários locais a nível nacional ou níveis regionais, devido à necessidade de informações detalhadas sobre o comportamento operacional de cada site (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

Como os reservatórios podem servir a diferentes usos (por exemplo, irrigação), os impactos indiretos das mudanças climáticas sobre hidrelétricas também devem ser avaliados. As variáveis meteorológicas temperatura e precipitação são importantes nas mudanças climáticas estudos para gestão hidrelétrica. Alguns autores apenas modelam a precipitação, considerando-o o maior fator de impacto na disponibilidade de água para geração de energia (BACELLAR, 2017).

4.7.2 Meio Biótico

As barragens limitam a forma como os peixes migratórios se movem ao longo dos rios e isolam habitats críticos, que podem então contribuir para extinções locais, declínios populacionais e colapsos dos estoques pesqueiros. Isso torna as espécies de peixes migratórios alguns dos organismos mais vulneráveis ao desenvolvimento hidrelétrico nos trópicos (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

As represas podem bloquear a migração de peixes para áreas de desova, ameaçando diminuir o número de reprodução e reduzir a população de espécies. A instalação de escadotes ou outras estruturas correspondentes (transporte rio acima por meio de uma barcaça ou uso de elevadores de peixes) poderiam minimizar este problema (BACELLAR, 2017).

Muitas espécies de peixes impactadas pela fragmentação são de alta importância ecológica e socioeconômica - com algumas comunidades sentindo o impacto muito mais do que outras. Por exemplo, pequenas barragens hidrelétricas têm sido associadas ao declínio dos estoques de peixes que dependem fortemente dos grupos indígenas do Brasil, porque os peixes não migram de forma confiável através de sua distribuição histórica (BACELLAR, 2017).

Com o anaerobiose, prevalecendo condições redutoras, levando a compostos e elementos presentes em um reduzido estado: ferro e manganês são encontrados na forma solúvel, o que pode trazer problemas no abastecimento de água, fosfato também é encontrado em uma forma solúvel e pode representar uma fonte interna de fósforo para algas, o sulfeto de hidrogênio também pode causar problemas de toxicidade e odores desagradáveis; ocasional anaeróbico condições no corpo d'água como um todo: dependendo do grau de crescimento bacteriano, durante os períodos de mistura total da massa líquida (inversão térmica) ou na ausência de fotossíntese (noite), peixes a mortalidade e a reintrodução de compostos reduzidos do fundo em toda a massa líquida poderia ocorrer, levando a uma grande deterioração na

qualidade da água; mortalidade ocasional de peixes: a mortalidade de peixes poderia ocorrer como resultado da anaerobiose (mencionada acima), toxicidade da amônia (BACELLAR, 2017).

Sob condições de alto pH (frequente durante períodos de alta atividade fotossintética), a amônia pode estar presente em quantidades significativas na sua forma livre (NH_3), tóxico para os peixes, ao invés da forma ionizada (NH_4^+), que não é tóxico; maior dificuldade e aumento nos custos do tratamento da água: a presença excessiva de algas substancialmente efetua o tratamento da água captada de um lago ou reservatório, devido à necessidade de remoção das próprias algas, remoção de cor, remoção de sabor e odor, maior consumo de produtos químicos, retrolavagem mais frequente do filtro; problemas com abastecimento de água industrial: elevação nos custos de abastecimento de água industrial por motivos semelhantes aos já citados, e também pela presença de depósitos de algas em águas de resfriamento; toxicidade da água, diminuição da água para o abastecimento humano e animal devido a presença de secreções tóxicas de certas algas (por exemplo, cianotoxinas) (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

Os efeitos da possível liberação de cianotoxinas são potencializadas em climas tropicais, uma vez que as condições de água quente podem acelerar o dinâmica do processo de eutrofização. Nesse sentido, o aquecimento global pode favorecer o aparecimento de florescimento de cianobactérias. Uma grande preocupação é dedicada ao florescimento de cianobactérias no Brasil, desde que foi o primeiro país do mundo a registrar mortes humanas em uma unidade de diálise causadas pela presença de toxinas cianoprocaríota (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

Algas verde-azuladas ou cianobactérias são microalgas primitivas com planta clorofila. Esses organismos são notáveis, e podem habitar diversos ambientes, há muito tempo foi reconhecido como um problema de qualidade da água em lagos e reservatórios devido à sua toxicidade potencial e capacidade de impactar sabores estranhos na água potável. Conseqüentemente, muitas concessionárias de água estão preocupadas com controlar a entrada de cianobactérias na estação de tratamento (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

As cianobactérias apresentam uma gama de características que lhes dá uma clara vantagem de crescimento competitivo sobre as algas planctônicas em certas ambientes e condições. Eles não são favorecidos por alta intensidade de luz e requerem pouca energia para manter estrutura e função celular. Além disso, algumas espécies apresentam uma capacidade de regulação de flutuabilidade devido à posse de vacúolos de gás dentro de suas células. Isso é

importante para evitar danos de luz em altas luzes ambientes, como lagos tropicais, ou para obter acesso à luz em águas turvas ou de baixa clareza (BACELLAR, 2017).

As cianobactérias também são capazes de armazenar fósforo (absorção de luxo), o que é útil para permitir o crescimento contínuo sob condições de concentrações flutuantes de nutrientes. Eles também são mal pastoreados pelo zooplâncton, uma vez que não são um alimento preferido para esta comunidade aquática; redução na navegação e transporte capacidade: o crescimento excessivo de macrófitas enraizadas interfere na navegação, aeração e transporte de capacidade do corpo d'água. Todos esses efeitos podem apresentar maior magnitude no caso de climas tropicais (BACELLAR, 2017).

Deve-se destaca ainda, a pesca predatória tanto a jusante como a montante das barragens hidrelétricas, a qual é altamente agressiva com meio ambiente. A pesca predatória traz consequências desastrosas, sendo capaz de limitar a produtividade pesqueira e comprometer o equilíbrio ecológico.

4.7.3 Meio Socioambiental

A construção de usinas hidrelétricas no Brasil tem causado o deslocamento de populações indígenas e ribeirinhos. Além da perda de peixes como fonte de alimento e em alguns casos a fonte de renda da família, os povos indígenas perderam terras sagradas. A barragem de Teles Pires na bacia do rio Tapajós, por exemplo, destruiu as corredeiras de Sete Quedas, um local “equivalente ao paraíso para os cristãos” para o povo Mundurukú (Fearnside) (BACELLAR, 2017).

Segundo Oliveira (2017), o lago formou-se a montante da barragem, que é necessária na maioria das construções das pequenas centrais hidrelétricas. Isso muda o ecossistema aquático porque o fluxo é alterado reduzindo sua velocidade e turbulência.

Outra desvantagem dos empreendimentos hidrelétricos é a necessidade de realocar as pessoas que residem no entorno onde os reservatórios são planejados. Este impacto pode atingir uma magnitude elevada no caso de grandes áreas alagadas em regiões densamente habitadas. Em vários casos, este é o principal constrangimento no Impacto Ambiental Avaliação no Brasil, visto que a sociedade civil organizada está representada nos comitês correspondentes que julgam a aprovação dos referidos estudos (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

A água de um reservatório é geralmente mais quente no inverno e mais fria no verão do que seria sem uma barragem. Como essa água flui a jusante, a temperatura alterada também afeta a temperatura do rio. Isso impacta a vida vegetal e animal presente tanto no reservatório quanto no rio, frequentemente criando ambientes que não são naturais para algumas espécies endêmicas (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

As barragens são classificadas quanto a sua Categoria de Risco (CR) qual está relacionado ao aspecto da própria barragem (características técnicas, estado de conservação e plano de segurança etc.) que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidentes. E quanto ao Dano Potencial Associado (DPA) é o dano que poderá ocorrer à jusante pelo mau funcionamento da barragem (existência de população a jusante, impacto ambiental e socioeconômico) (CNRH 2012).

A fase de operação das pequenas centrais hidrelétricas desempenha um papel relevante na economia local, com benefícios de longo prazo. A geração de emprego direto e indireto, capacitação de mão e obra local e incremento na arrecadação tributária dos municípios, por meio recolhimento de ISSQN – Imposto sobre serviço de qualquer natureza, sobre os serviços prestados para o melhor funcionamento do empreendimento.

A formação do lago artificial para geração de energia das pequenas centrais hidrelétrica promove a valorização imobiliária das propriedades no entorno no reservatório, neste sentido, os imóveis passam a ter valor comercial agregado em processo de desapropriação judicial ou transações de compra e venda.

Por meio da implantação do Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório (PACUERA) que está pautado na Lei Federal n 12.651 (Código Florestal), como também na Resolução Conama n 302.2002, que define um “conjunto de diretrizes e proposições com objetivo a conservação visa a conservação, recuperação, o uso e ocupação do entorno do reservatório artificial”. Por meio do zoneamento ambiental indica a correta utilização do reservatório quanto para uso lazer, recreação, captação de água, criação de peixes e tanque rede dentre outros.

4.7.4 Sugestão de Alternativa de Repotenciação para PCH's em Operação

Alternativas de ganho de energia nas pequenas centrais hidrelétricas do estado de Rondônia. Na tentativa de reduzir novos aspectos socioambientais impactos de projetos

hidrelétricos e ainda atender à crescente demanda por eletricidade, existem algumas alternativas por meio de inovações tecnológicas, entre elas o processo de repotenciação pode ser destacado (BACELLAR, 2017).

Segundo Oliveira (2017), a repotenciação pode ser definido como uma intervenção ou conjunto de intervenções nas estruturas, circuitos hidráulicos e eletromecânicos equipamentos envolvidos no processo de conversão de energia de um projeto hidrelétrico já construído com ganho simultâneo de poder e eficiência reconciliados com economia e benefícios socioambientais.

A repotenciação é um procedimento que de alguma forma aumenta a geração elétrica de uma usina hidrelétrica existente. Segundo Oliveira (2012) todos os projetos hidrelétricos se HPP, SHP ou grandes centrais hidrelétricas em maior ou menor grau pode passar por um processo de repotenciação por subdimensionamento ou falha temporária. Verifica-se que esta seria uma alternativa interessante para pequenas centrais hidrelétricas no estado de Rondônia especialmente aqueles construídos nos anos 80 e 90 (DELIZA, E. E. & ALMEID, F. M. & FILHO, F. S. P. et al, 2017).

A repotenciação pode ser usada para redefinir a potência nominal projetada com o auxílio de tecnologia inovações e conceitos de design mais atuais ou para aumentar a potência operacional, identificando lacunas no design sem incorporar novas tecnologias a unidade geradora. Nos países desenvolvidos, o processo de repotenciação já foi realizado rotineiramente para obter ganhos de energia (VUKOSLAVCEVIC, 2017).

Através do estudo de caso realizado por Oliveira (2017) em pequenas centrais hidrelétricas Lajeado, Tocantins observou-se que com a repotenciando a potência instalada aumentou de 1,8 MW para 8,0 MW e o custo do projeto foi menor do que o custo médio de investimento que seria necessário para um novo projeto.

De acordo com o projeto “*Blue Age for a Green Europe*” desenvolvido em 2002 através de técnicas de repotenciação de pequenas centrais hidrelétricas seria possível aumentar a capacidade instalada em 1111 MW. Para Oliveira (2017), com a repotenciação é possível maximizar a eficiência energética da planta sem gerar grandes impactos socioambientais impactos. Considerando que os impactos já foram consolidados e não há necessidade de remoção compulsória das populações ribeirinhas. Além disso, quando não há mudança no nível do reservatório, qualquer hipótese de erosão das margens do rio é descartada (BACELLAR, 2017).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentado, as pequenas centrais hidrelétricas têm desempenhado um papel importante no fornecimento de energia elétrica ao estado de Rondônia. Em um cenário onde o uso de fontes fósseis para eletricidade geração é cada vez mais criticada, é necessário aumentar a capacidade de projetos que utilizam fontes renováveis.

A construção de barragens hidrelétricas está claramente associada a uma série de impactos ambientais negativos. Alguns deles podem representar restrições reais para a instalação de tais. Enquanto outras podem atuar como forma sustentável para o desenvolvimento local. Uma vez que a energia é amplamente necessidade de quase todas as atividades humanas, é necessário fazer um balanço dos prós e contras relacionados com geração de energia hidrelétrica.

Nenhuma receita universal pode ser aqui estabelecida, uma vez que peculiaridades regionais irão jogar um papel marcante no processo de decisão. No caso do Brasil, que é o principal assunto deste trabalho, governo, sociedade civil, usuários de água e comunidade científica estão há muitos anos profundamente envolvidos nesta discussão relevante. Sob um ponto de vista amplo, pode-se supor que as vantagens em geral prevalecer sobre as limitações e uma sólida tendência de geração de energia adicional com a instalação de barragens hidrelétricas podem ser identificadas no país.

No entanto, o Plano Estadual de Desenvolvimento Sustentável (SSDP) de Rondônia 2015-2030 não apresenta diretrizes que correspondem a perspectiva de construção de novos empreendimentos hidrelétricos no estado, o que pode contribuir para maximizar a elaboração de projetos de desenvolvimento sustentável. Diante das dificuldades de licenciamento ambiental para novos projetos hidrelétricos, que às vezes podem até inviabilizar os projetos, é fundamental pensar em políticas públicas com foco em alternativas de expansão capacidade de geração, sem a instalação de novas pequenas centrais hidrelétricas com projetos de repotenciação. Através do projeto de repotenciação, é possível reduzir novos impactos sociais e ambientais de hidrelétricas, o que ainda atender à crescente demanda por energia elétrica.

Por fim, o governo brasileiro acredita que o crescimento econômico do país nas últimas décadas foi possível graças à energia hidrelétrica, uma fonte “limpa” de energia que espalha eletricidade para regiões que antes não tinham acesso, esta é apenas metade da história. São inúmeros os custos ambientais e sociais associados a esses projetos que também devem ser considerados se o Brasil vislumbrar um futuro ambientalmente sustentável e ético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Cláudia B. O. **Caracterização física e Regionalização de Vazão máxima na Bacia do Rio do Carmo, alto Rio Doce.** Ouro Preta, MG, 2008.

ABRADEE. **Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica.** Brasília, DF, 2019.

ANA. **Agência Nacional de Água e Saneamento Básico.** Brasília. DF.

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica.** Brasília, DF.

BAPTISTA, M.B.; COELHO, M. M. L. P. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica.** 3ed. rev. e ampl. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2010. P. 371 – 391.

BACELLAR, R. M. B. **The water and energy as essential elements for the quality of human life: The emerging need for sustainability in energy production systems.** *Hidro & Hydro Magazine – PCH News & SHP News, UNIFEI/CERPCH.*, v. 2, p. 15-20, July/Sept. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Segurança de Barragens.** 2015.

BRASIL. Congresso Nacional. Projeto de Lei no 1.181 de 2003. **Estabelece diretrizes para verificação da segurança de barragens de cursos de água para quaisquer fins e para aterros de contenção de resíduos líquidos industriais.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº 9.656, de 3 de junho de 1998. **Dispõe sobre os planos e seguros privados de assistência à saúde.** Brasília, 1998.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. **Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens.** Brasília, 2010.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.** Brasília, 2012.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. **Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB).** Brasília, 2020.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Resolução normativa nº 673, de 4 de agosto de 2015. **Estabelece os requisitos e procedimentos para a obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamento de potencialhidráulico com características de Pequena Central Hidrelétrica – PCH.** Brasília, 2015.

BRITTO, Patrícia. **Após 7 anos, rompimento de barragem em Rondônia segue sem punição.** Folha de São Paulo, 2015. Disponível em: < <https://m.folha.uol.com.br/mercado/2015/07/1653131-apos-7-anos-rompimento-de-barragem-em-rondonia-segue-sem-punicao.shtml?cmpid=menupe> >. Acesso em: 21 out 2021.

CARVALHO, J. de A. **Dimensionamento de pequenas barragens para irrigação**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. 153p.

CASTRO, C. N. **Gestão das águas: experiências internacional e brasileira**. Textos para discussão, n. 1477. Brasília: IPEA, 2012.

CBDB - COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS. **Apresentação das Barragens**. 2003.

CIGB. **As Barragens e a Água do Mundo: um livro educativo que explica como as barragens ajudam a administrar a água do mundo**. Tradução de Texto Faz Comunicação S/S Ltda. Paraná: NPR, 2008.

COSTA, Walter Duarte. **Geologia de Barragens**. Oficina de Textos, São Paulo, 2012.

DELIZA, E. E., ALMEID, F. M., FILHO, F. S. P., CALDERARO, I. F. N., ARENHARDT, V., SILVA, D. G. **Environmental impacts of small hydropower plants in the state of Rondônia**. 2017. 40 p. Final paper (Forest Engineering). Universidade de Brasília, 2017.

CNRH – **Conselho Nacional dos Recursos Hídricos**. 2012. Resolução 143, de 10 de julho de 2012.

ERC - Energy Research Company. **Decennial Energy Expansion Plan 2026**. Brasília: MME/EPE, 2017.

FIORI, A. P.; CARMIGNANI, L. **Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: aplicação na estabilidade dos taludes**. Curitiba: Editora da UFPR, 2009.

FLIZIKOWSKI, L. C.; PELEGRINO, E. C. F.; MAIA, A. G. **Análise comparativa entre equações de tempo de concentração na Bacia Hidrográfica do Arroio dos Pereiras**. In: Semana de estudos da engenharia ambiental, 6, 2008. Irati.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

GOVERNO DO ESTADO DE RONDÔNIA, Ministério da Integração Nacional Secretaria de Desenvolvimento Regional, 2015. Plano de Desenvolvimento Estadual Sustentável de Rondônia 2015 – 2030.

ICOLD - CIGB. **As barragens e a água do mundo: Um livro educativo que explica como as barragens ajudam a administrar a água do mundo**. Tradução Texto Faz Comunicação S/S Ltda. Curitiba: Núcleo regional do Paraná, 2008.

LEÃO, F.R. **Dimensionamento de uma pequena barragem de terra para produção de energia hidrelétrica e irrigação em uma propriedade rural**. 2012. 110f. Monografia para obtenção do título de Bacharel – Engenharia agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Goiás, 2012.

OLIVEIRA, M. A. **Repowering of Small Hydropower Plants: Technical and economic evaluation**. 2012. 195 p. Dissertation (Master's degree in Energy Engineering) Universidade Federal de Itajubá, 2012.

OLIVEIRA, M. A. **Model for the analysis of the technical, economic and environmental feasibility of the repowering of small hydropower plants.** Hidro & Hydro Magazine PCH Notícias & SHP News, UNIFEI/CERPCH., v. 2, p. 5-10, July/Sept. 2017.

ONU. **World Population Propects 2019: Highlights.**

ONU. **2018 Revision of Worl Urbanization Prospects.** 2018

SANTOS RSP, WANDERLEY LJ. **Dependência de barragem, alternativas tecnológicas e a inação do Estado: repercussões sobre o monitoramento de barragens e o licenciamento do Fundão. Antes fosse mais leve a carga: reflexões sobre o desastre da Samarco / Vale / BHP Billiton.** Marabá: iGuana; 2016. p.87-139.

SERRA C. **Tragédia em Mariana: a história do maior desastre ambiental do Brasil.** Rio de Janeiro: Recorde; 2018.

SILVEIRA, João Francisco Alves. **Instrumentação e Segurança de Barragens de Terra e Enrocamento.** Oficina de Textos, São Paulo, 2006.

VUKOSLAVČEVIĆ, P. **The influence of the design flow rate on the economical and ecological aspects of SHP - Small Hydropower Plants.** Machine Design, v. 9, n. 4, p. 161-168, 2017.

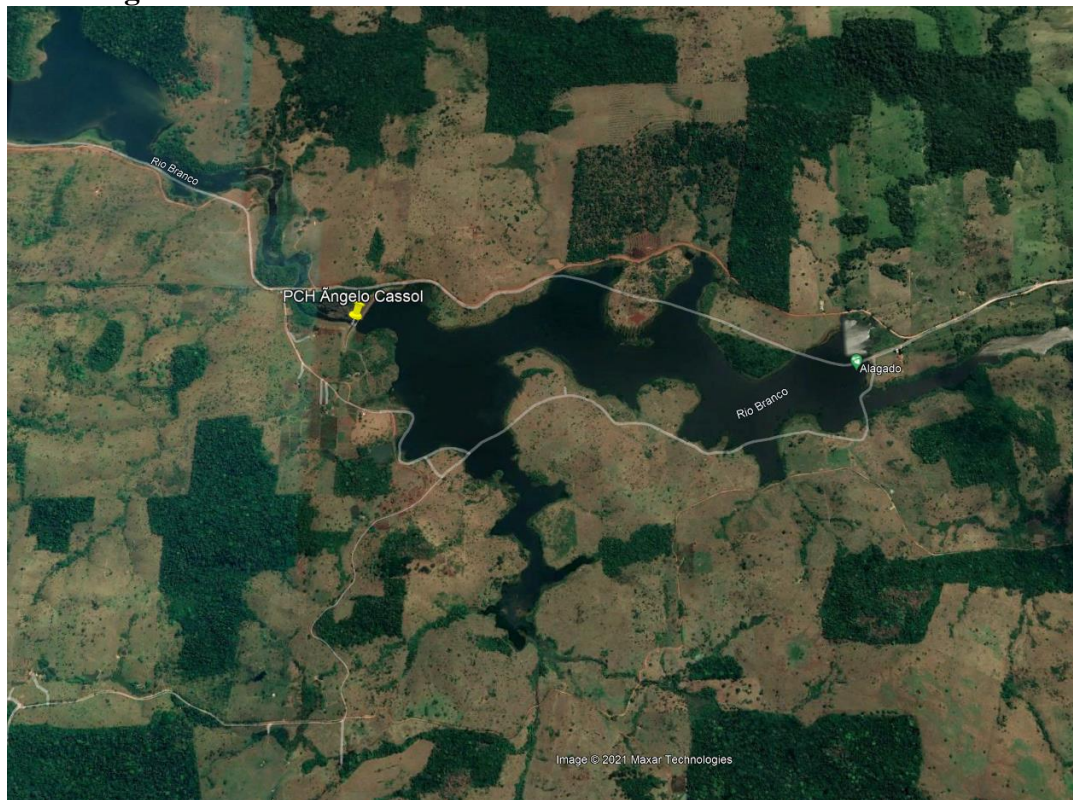
ZUFFO, Monica Soares Resio. **Metodologia para avaliação da segurança de barragens /** Monica Soares Resio Zuffo. --Campinas, SP: [s.n.], 2005.

ANEXO – PCH'S EM RONDÔNIA

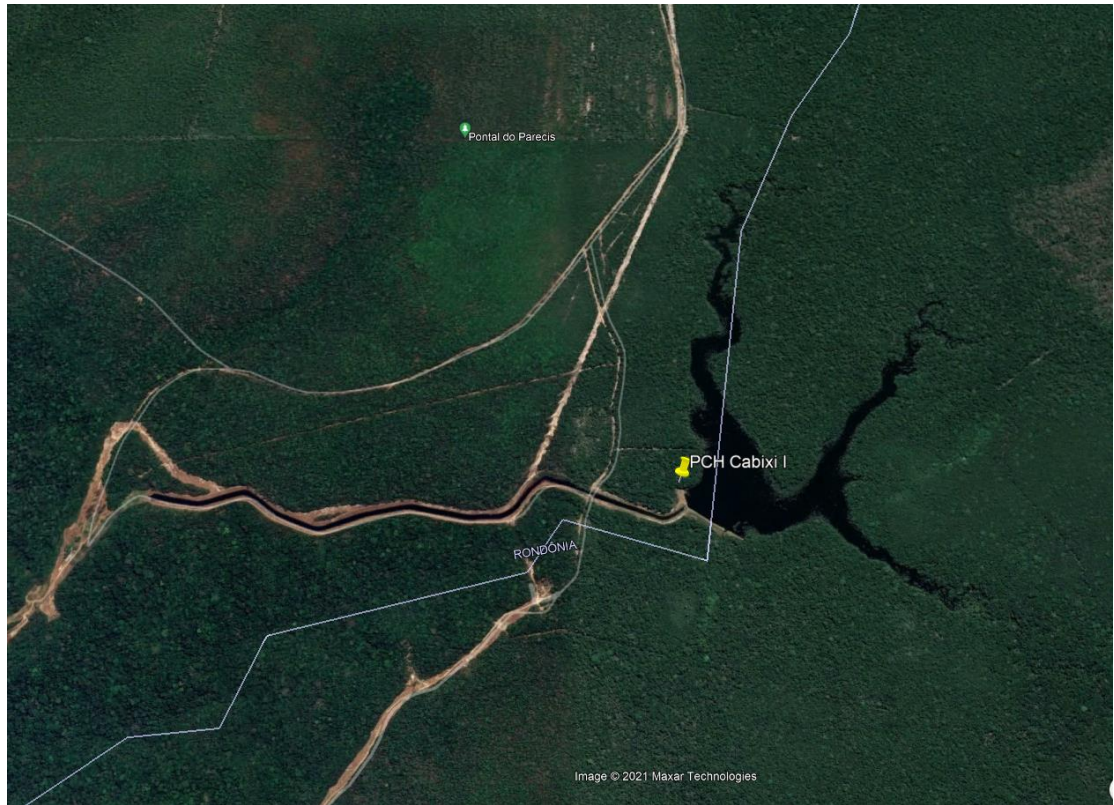
1 PCH Alta Floresta



2 PCH Ângelo Cassol



3 PCH Cabixi I



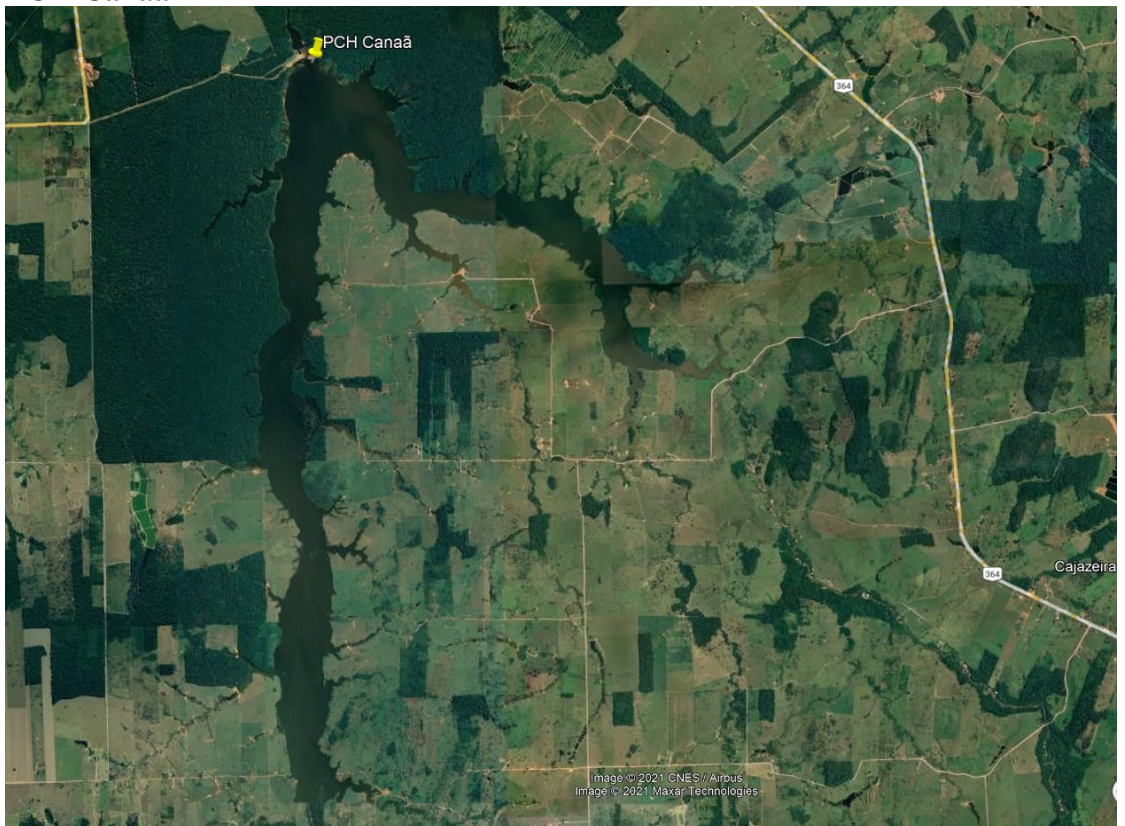
4 PCH Cachoeira do Caramba



5 PCH Cachoeira Cachimbo Alto



6 PCH Canaã



7 PCH Cascata Chupinguaia



8 PCH Cesar Filho



9 PCH Cascata Chupinguaia



10 PCH Figueira



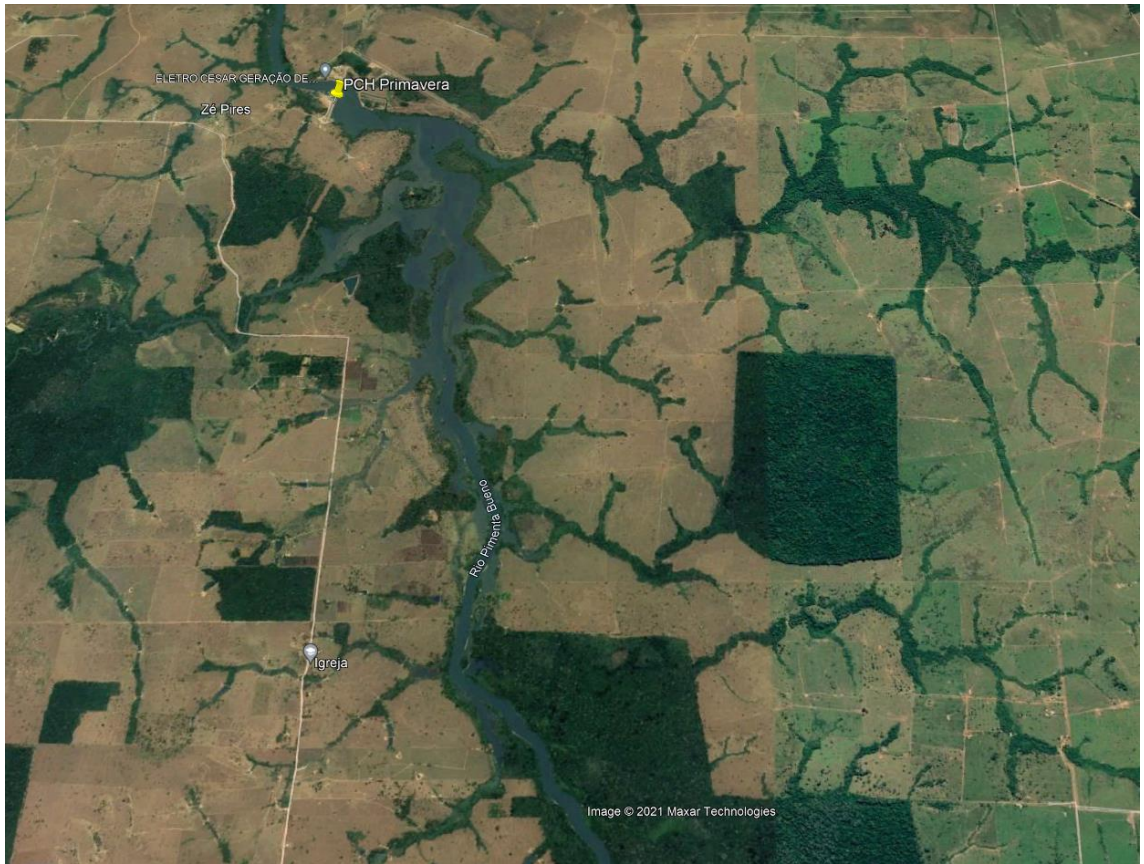
11 PCH Jamari



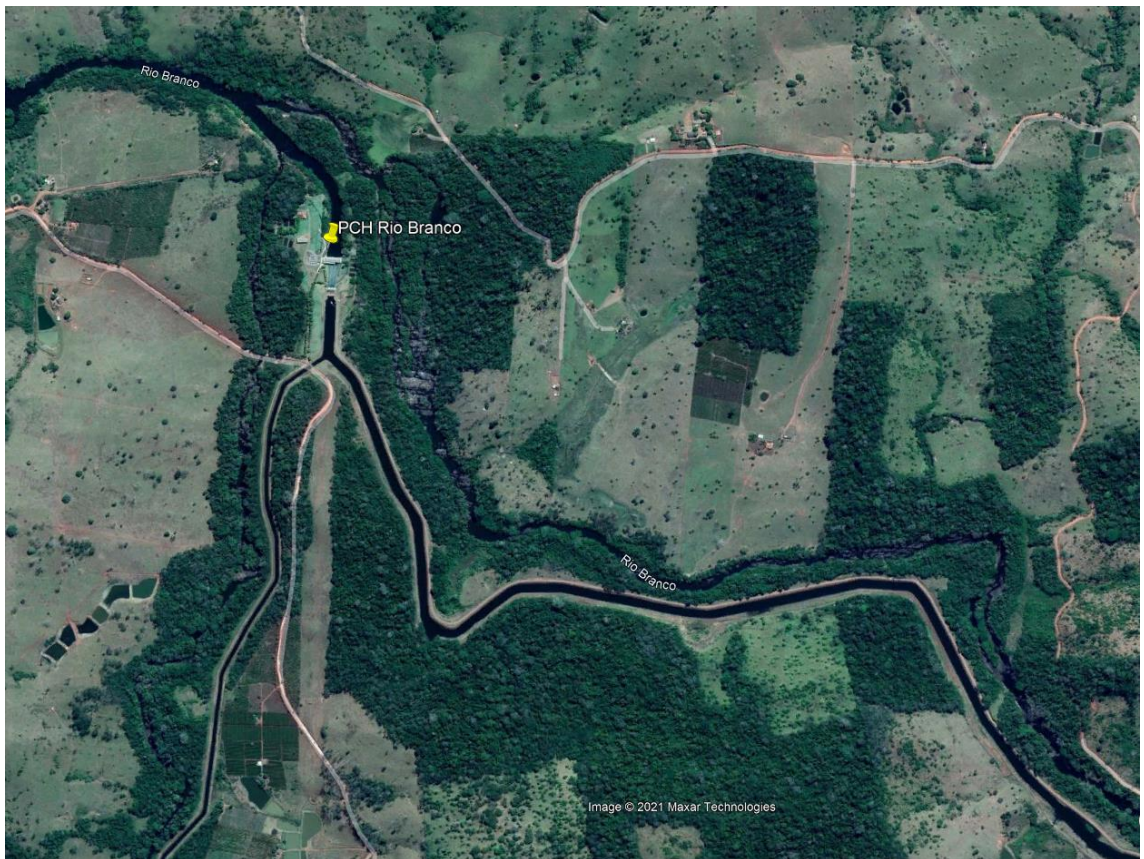
12 PCH Monte Belo



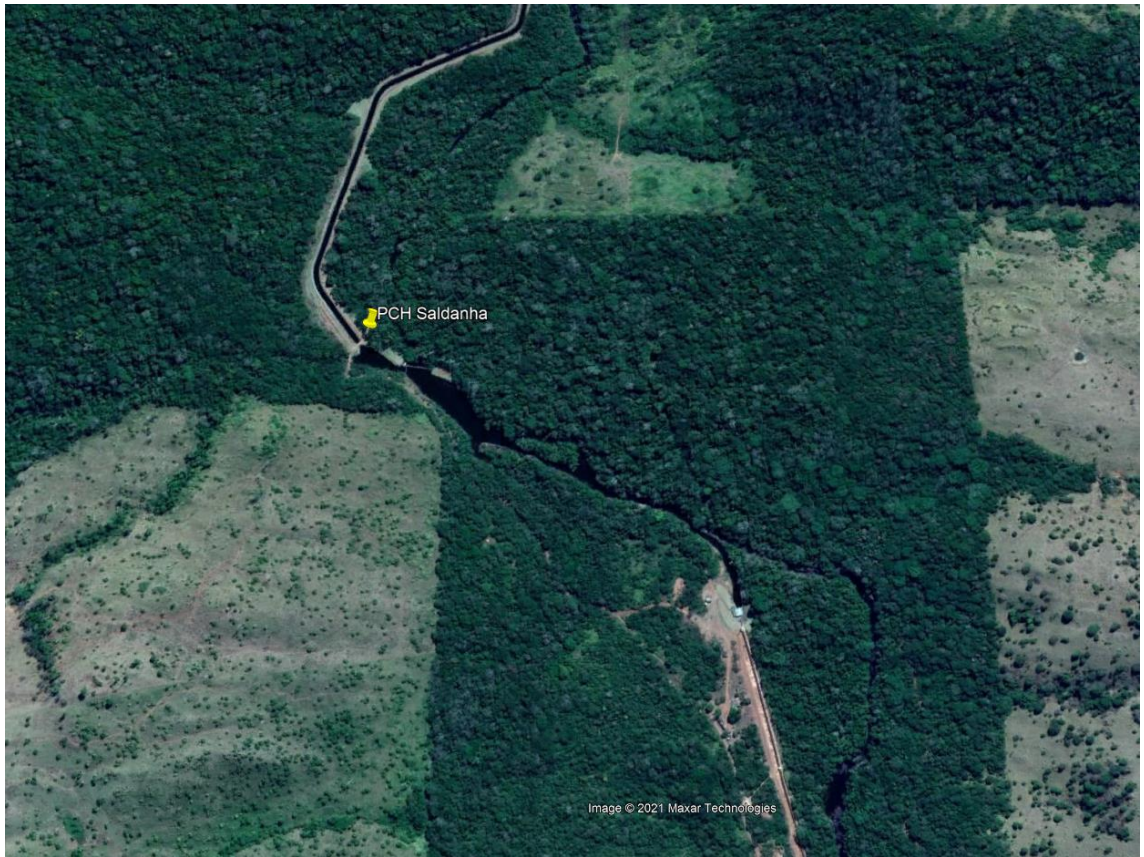
13 PCH Primavera



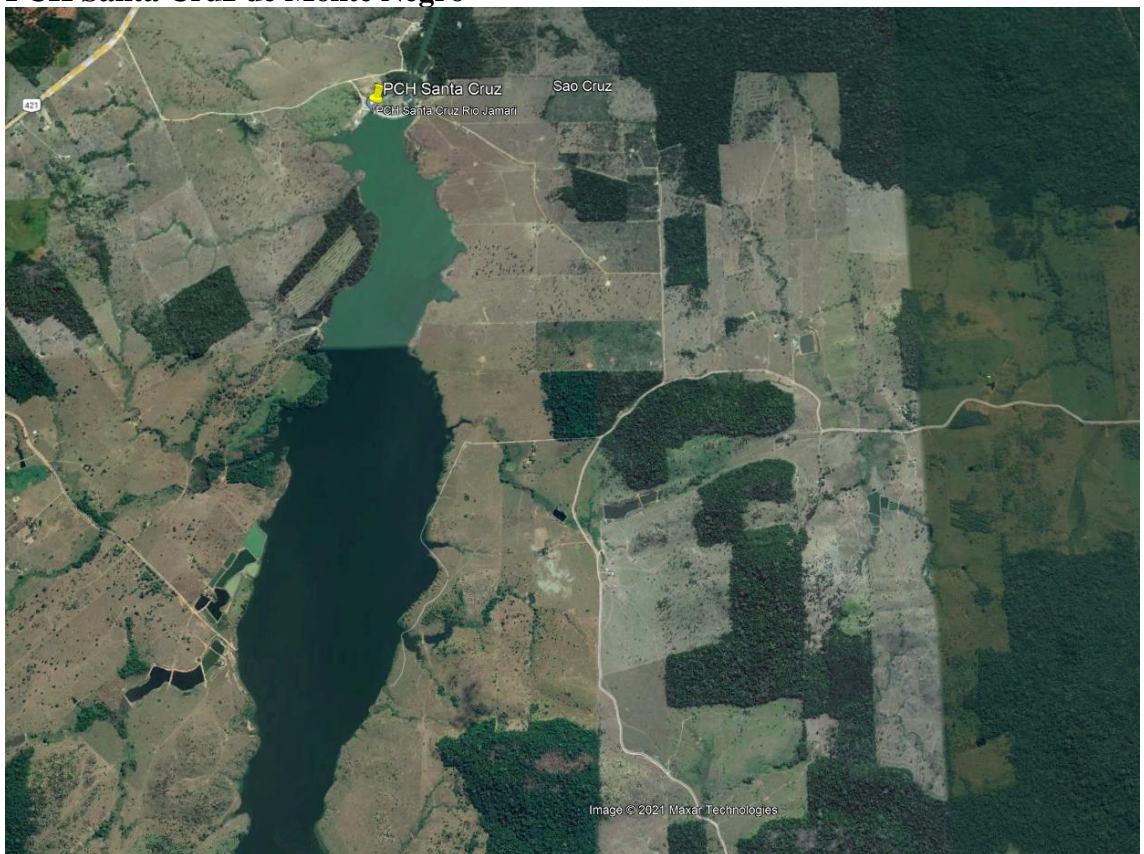
14 PCH Rio Branco



15 PCH Saldanha



16 PCH Santa Cruz de Monte Negro



17 PCH Santa Luzia D'Oeste





RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

DISCENTE: Thalita do Socorro de Souza Albuquerque Degenhart

CURSO: Engenharia Ambiental e Sanitária

DATA DE ANÁLISE: 01.12.2021

RESULTADO DA ANÁLISE

Estatísticas

Suspeitas na Internet: **8,58%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet 

Suspeitas confirmadas: **2,2%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados 

Texto analisado: **93,2%**

Percentual do texto efetivamente analisado (frases curtas, caracteres especiais, texto quebrado não são analisados).

Sucesso da análise: **100%**

Percentual das pesquisas com sucesso, indica a qualidade da análise, quanto maior, melhor.

Analisado por Plagius - Detector de Plágio 2.7.1
quarta-feira, 1 de dezembro de 2021 18:33

PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho da discente **THALITA DO SOCORRO DE SOUZA ALBUQUERQUE DEGENHART**, n. de matrícula **29768**, do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, foi aprovado na verificação de plágio, com porcentagem conferida em 8,58%. Devendo a aluna fazer as correções necessárias.

(assinado eletronicamente)
HERTA MARIA DE AÇUCENA DO N. SOEIRO
Bibliotecária CRB 1114/11
Biblioteca Júlio Bordignon
Faculdade de Educação e Meio Ambiente