



ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS DE GERAÇÃO DE ENERGIA NO MUNICÍPIO DE COLATINA-ES: uma aplicação do método da ANEEL

ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF ENERGY GENERATION DAMS IN THE MUNICIPALITY OF COLATINA-ES: an application of the ANEEL method

Thobias Ribeiro Pessoa¹, Varlei de Souza ¹, Alexandre Leite Ferreira ²

¹Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC). ²Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Professor do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Espírito Santo – UNESC.

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo analisar e classificar as barragens de geração de energia elétrica no município de Colatina-ES. O estudo foi feito através de pesquisa exploratória, uma avaliação que busca trazer resultados sobre a classificação de risco das barragens de geração de energia na cidade. A análise dos cálculos conta com matriz indicadores de classificação das barragens da ANEEL. Estes indicadores fornecem vários parâmetros para classificação do risco das barragens. Assim, conclui-se que a classificação não foi identificada fatores de risco/acidentes imediatos.

Palavras-Chave: Barragens, Monitoramento, Classificação, Qualidade, Segurança.

ABSTRACT

This article aims to analyze and classify the electric power generation dams in the city of Colatina-ES. The study was conducted through exploratory research, which aims to provide results about the risk classification of energy generation dams in the city. The analysis of the calculations includes a matrix of classification indicators for ANEEL dams. These indicators provide several parameters for classifying the risk of dams. Based on the analysis, it is concluded that no risk factors or immediate accidents were identified in the classification process.

Keywords: Dams, Monitoring, Evaluation, Quality, Safety.

1 INTRODUÇÃO

As barragens de terra são construções de longa data. Um dos registros mais antigos é de uma barragem de 12 m de altura, construída no Egito, há aproximadamente 6,8 mil anos, e que rompeu por transbordamento (MASSAD, 2010 p.161).



No Brasil, segundo Vargas (1977), as primeiras barragens de terra brasileiras foram construídas no Nordeste, no início do século XX, dentro do plano de obras de combate à seca, e foram projetadas em bases empíricas. A barragem de Curema, erguida na Paraíba em 1938, contava com novos conhecimentos da Mecânica dos Solos.

Ainda segundo Vargas (1977), a barragem do Vigário no Estado do Rio de Janeiro foi construída em 1947 com o uso da moderna técnica de projeto e construção de barragens de terra no Brasil, onde foi utilizado o filtro vertical ou chaminé como elemento de drenagem interna de barragens de terra.

A Resolução nº 072, de 19 de dezembro de 2018, da AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AGERH (2020), estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem onde constará a Inspeção de Segurança Especial e Inspeção de Segurança Regular.

Por qual motivo, foi criada avaliação sobre a Resolução 072/2018 que estabelece a segurança e Inspeções nas barragens? Essa análise de avaliação sobre os métodos empregados para a segurança da população em torno da barragem será avaliado pelos questionários disposto nos Apêndice I e II.

Nesse sentido, o presente artigo tem por objetivo realizar o estudo da Segurança e Inspeções das barragens, no município de Colatina, Espírito Santo, por meio de aplicação do Plano de Segurança da Barragem e Inspeções de Segurança Regular e Especial proposto pela Resolução nº 696, de 15 dezembro de 2015 - Estabelece critérios para classificação, formulação do Plano de Segurança e realização da Revisão Periódica de Segurança em barragens fiscalizadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.

2 BARRAGEM

Segundo Raduns et al. (2020), as hidrelétricas são responsáveis por grande parte da produção de energia de nosso país, é a principal forma de produção de energia elétrica.

Conforme Borges Neto e Carvalho (2012), o Brasil é o segundo maior produtor

de energia elétrica a partir do uso de hidrelétricas, sendo um privilégio de poucos países.

Ainda segundo Borges Neto e Carvalho (2012), as barragens tem a finalidade de represar as águas do rio para permitir captação e desvio, aproveitamento hidroelétrico ou condição de navegabilidade ao rio e formar reservatórios reguladores de vazões.

Uma barragem deve ser vista como uma unidade ou um todo orgânico no espaço, compreendendo a bacia da represa, os terrenos de fundação que são como um prolongamento da barragem em superfícies, as estruturas anexas ou auxiliares, os instrumentos de auscultação (piezômetros, medidores de recalques), são importantes para a observação do comportamento da obra e manutenção (MELO, 1975).

Segundo (Massad,2010), entende-se por barragem de grande porte qualquer barragem com altura superior a 15m, ou com alturas entre 10 e 15 m e que satisfaça uma das seguintes condições:

- a) comprimento de crista igual ou superior a 500m;
- b) reservatório com volume total superior a 1.000.000 m³;
- c) vertedouro com capacidade superior a 2.000 m³/s;
- d) barragem com condições difíceis de fundações;
- e) barragem com projeto não convencional (Massad,2010, p.120).

Segundo Chiossi (2013), os elementos básicos de uma barragem estão simplificados na figura 1.

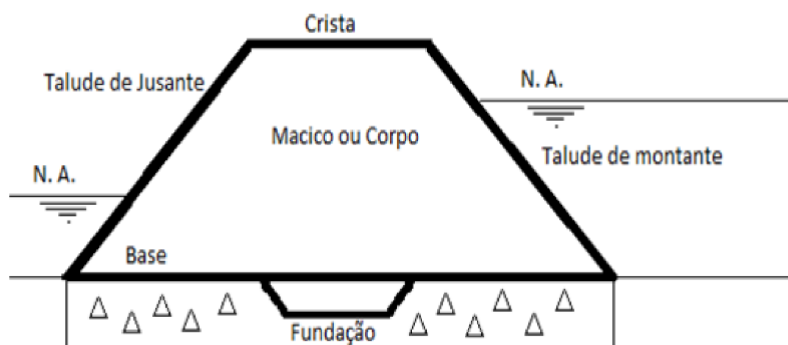


Figura 1: Elementos básicos de uma barragem
Fonte: Chiossi (2013)

Ainda segundo Chiossi (2013), a estrutura de uma barragem, estando sujeita à ação de um conjunto de diferentes forças, exige o máximo de precauções para evitar desastres na obra.

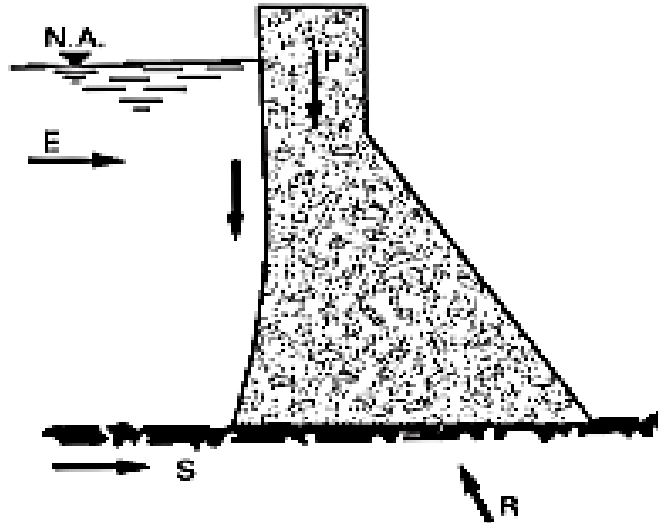


Figura 2: Força que atuam em uma barragem.
Fonte: Chiossi (2013)

Temos as seguintes forças aplicadas em uma barragem;

- a) **P**: Peso da barragem: Depende do volume da barragem e do peso específico dos materiais empregados na sua construção.
- b) **E**: Empuxo hidrostático na face de montante: nas barragens com a face de montante vertical, será considerado unicamente o empuxo hidrostático na face do montante. Com face inclinada, deve-se determinar também o peso da água nessa face.
- c) **S**: Subpressão da água: Apesar das medidas tomadas durante o projeto e a construção da barragem contra a percolação, parte da água escoará sobre pressão, entre a barragem e as fundações. Por causa disso, o peso da estrutura será parcialmente suportado pela água, com a conseqüente redução da reação das fundações.
- d) **R**: Reação da fundação: Sendo V a resultante de todas as forças verticais e H , a resultante de todas as forças horizontais que atuam em uma barragem, a composição de causas dará o resultado geral R . Para que uma barragem esteja em equilíbrio estático, é necessário que R seja absorvida pela reação da fundação, a qual deve ser igual e oposta a R , composta de uma reação total vertical igual a V e uma resultante de atrito. Igual a H .
- e) **Outras Forças**: A ação do vento é raramente considerada, pois as barragens são construídas em locais abrigados. Ela se faz sentir apenas na face de jusante, e tem pequeno valor diante dos empuxos da água na outra face. Em nosso país não consideremos os efeitos de terremoto ou subsidência do subsolo, levados bastante em conta nos Estados Unidos, Japão, Chile, etc. (CHIOSSI 2013 p.252).

As barragens hidrelétricas podem ser construídas com um ou vários tipos de materiais em uma mesma estrutura, entre eles: concreto, terra, enrocamento etc., (Massad, 2010).

2.1 BARRAGEM DE TERRA HOMOGÊNEA

A barragem de terra homogênea é a mais utilizada, pelas condições topográficas, com vales muito abertos, e da disponibilidade de material terroso no Brasil, tolera fundações mais deformáveis, podendo-se construir barragens de terra apoiadas sobre solos moles (Massad, 2010).

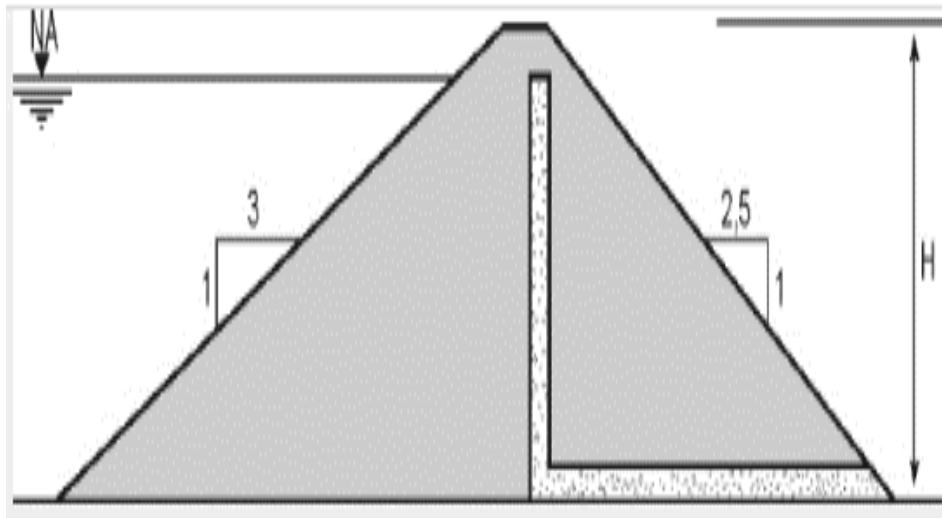


Figura 3: Barragem de terra homogênea
Fonte: Massad, (2010).

Ainda segundo Massad (2010), a inclinação dos taludes de montante e de jusante é fixada de modo a garantir a estabilidade durante a vida útil da barragem, mais especificamente, em final de construção, em operação e em situações de rebaixamento rápido do reservatório.

Um dos problemas que mais preocupam o projetista é o piping ou erosão, esse fenômeno consiste no carreamento de partículas de solo pela água em fluxo, numa progressão de montante para jusante com o passar do tempo, forma-se um tubo de erosão, que pode evoluir para cavidades relativamente grandes no corpo das barragens, levando-as ao colapso (MASSAD, 2010).

Segundo Massad (2010), para evitar a ocorrência de colapso é necessário um controle da percolação, tanto pelas fundações quanto pelo corpo da barragem, no aterro, intercepta-se o fluxo de água, de modo a impedir sua saída nas faces dos taludes de jusante ou nas ombreiras de jusante, por meio de filtros verticais (tipos chaminé) ou inclinados.

2.2 BARRAGEM DE TERRA-ENROCAMENTO

Segundo Massad (2010 p.178), esse tipo de barragem é mais estável dentre as barragens de terra e terra-enrocamento o material do enrocamento (pedras), apresenta elevado ângulo de atrito, garantindo a estabilidade dos taludes de montante e jusante, mesmo quando são íngremes (inclinações de 1:1,6 até 1:2,2)

O núcleo dessas barragens pode ser central ou inclinado para montante conforme a figura 2, quando a argila e o enrocamento apresentam compressibilidades comparáveis entre si, o núcleo central tem a vantagem de exercer uma pressão maior nas fundações, como largo na sua base, o que é benéfico em termos de controle de perdas de d'água (MASSAD, 2010).

De acordo com Massad (2010), o núcleo poder ser central (figura a) e tem a vantagem de exercer uma pressão maior nas fundações, além de ser mais largo na base possuindo um controle de perdas d'água e o núcleo inclinado (figura b) uma vantagem de se inclinar o núcleo é que não há como transferir seu peso para os espaldares, outra vantagem do núcleo inclinado é que se pode levantar grande parte do enrocamento de jusante, ganhando-se tempo, enquanto se procede ao tratamento das fundações.

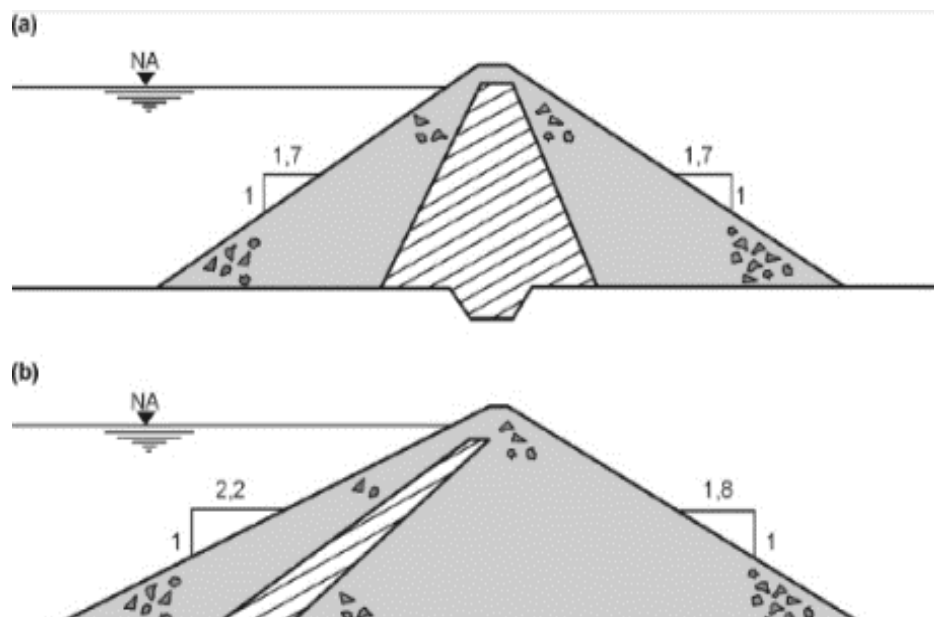


Figura 4: Barragem de terra-enrocamento
Fonte: Massad, (2010).

2.3 BARRAGEM DE ENROCAMENTO COM MEMBRANA DE CONCRETO

Segundo Massad (2010), as barragens com membranas de concreto apresentam, como septo impermeável, placas de concreto sobre o talude de montante, de enrocamento, essas placas são ligadas umas às outras por juntas especiais, pois apoiam-se em meio deformável, o enrocamento, que pode sofrer recalques significativos por ocasião do primeiro enchimento.

A grande vantagem está no cronograma construtivo, pois tanto o aterro quanto a membrana de concreto podem ser construídos independentemente do clima, podem-se projetar aterros de enrocamento que suportam o desvio de rios por entre as pedras (MASSAD, 2010).

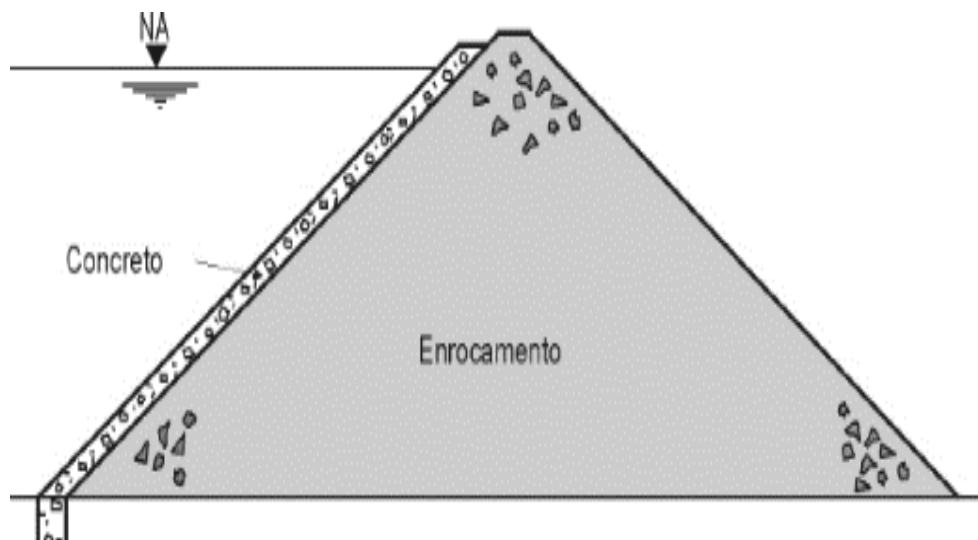


Figura 5: Barragem de enrocamento com membrana de concreto.
Fonte: Massad, (2010).

2.4 BARRAGEM EM ATERRO HIDRÁULICO

Segundo Massad (2010), o solo é transportado com água por meio de tubulações, até o local de construção ao ser despejado, o material segrega-se separando-se as areias, que formam os espaldares do aterro, dos finos que acabam por constituir o núcleo da barragem.

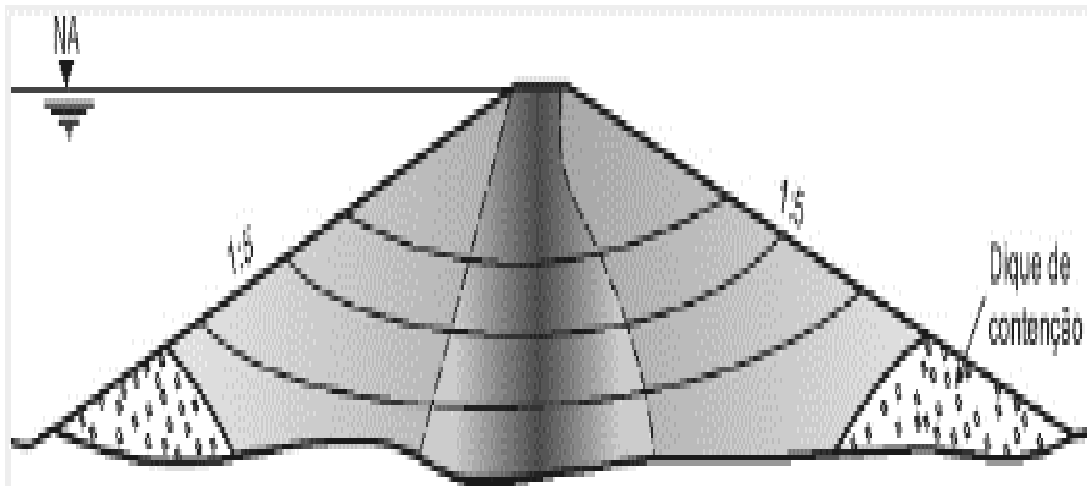


Figura 6: Barragem em aterro hidráulico.
Fonte: Massad, (2010).

3 PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

A Resolução nº696, de 15 de dezembro de 2015, estabelece critérios para classificação, formulação do Plano de Segurança e realização da Revisão periódica de Segurança em barragens fiscalizadas pela ANEEL (2015).

A lei complementar nº912, de 5 de junho de 2019, estabelece a Política Estadual de Governança e Segurança de Barragens, institui o Sistema Estadual de Governança de Empreendimentos de Infraestrutura Hídrica e o Sistema Estadual de Informações sobre Segurança de Barragens no Estado do Espírito Santo. Ela busca, principalmente, assegurar que todas as barragens no Estado deverão ter o Plano de Segurança de Barragem (PSB), onde a responsabilidade do empreendedor realizar esse tipo de plano.

Segundo a Agência Nacional das Águas – ANA (2016), em sua cartilha guia prático de pequenas barragens as inspeções de barragens são ferramentas fundamentais na gestão da sua segurança e da sua funcionalidade que deve estar dentro do Plano de Segurança de Barragem. A atividade de inspeção, sendo simples do ponto de vista logístico, é fundamental, devendo ser realizada periodicamente e com método. Por regra, sempre que as inspeções forem detectadas anomalias relevantes, deve proceder-se à manutenção corretiva.

A ANA (2016) destaca Inspeção regular de segurança um segundo nível de inspeções, designado como inspeção regular, corresponde a um grau de detalhe superior, requerendo-se uma descrição de cada um dos aspectos a inspecionar, a

medição, sempre que possível, das dimensões da anomalia, e uma classificação da anomalia em termos históricos (nova, sem ou com evolução) e de prioridade de intervenção (situação de alerta ou de emergência, de atenção, potencialmente grave e sem gravidade).

De acordo com Massad (2010), o projeto de uma barragem deve pautar-se por dois princípios básicos: segurança e economia. A segurança da barragem é obviamente o princípio preponderante, dela dependem vidas humanas, bens comunitários e individuais.

As inspeções visuais são, essenciais no âmbito do controle de segurança das barragens. Para que possam ser efetivamente úteis, têm que ser realizadas de forma sistemática e regular. Devem ser distinguidos três diferentes tipos de inspeção: de rotina, inspeção regular e inspeção especial. No anexo I consta o modelo de ficha de inspeção regular de pequenas barragens de terra (ANA, 2016).

3.1 INSPEÇÃO DE ROTINA

A inspeção de segurança regular será realizada por equipe de Segurança de Barragem, composta de profissionais treinados e capacitados e deverá abranger todas as estruturas de barramento do empreendimento e retratar suas condições de segurança, conservação e operação (ANEEL, 2015).

A Inspeção de rotina é uma atividade frequente, mais rápida, que se destina a apreciar o estado geral da barragem, a detectar a ocorrência de novas anomalias e a acompanhar a evolução de anomalias anteriormente registradas. Deverá ser realizada conjuntamente com as atividades de manutenção preventiva, como previsto no Planejamento das Atividades de Inspeção de Rotina e de Manutenção Preventiva (ANA, 2016).

3.2 INSPEÇÃO REGULAR DE SEGURANÇA

A inspeção de segurança regular será realizada por equipe de Segurança de Barragem, composta de profissionais treinados e capacitados e deverá abranger todas as estruturas de barramento do empreendimento e retratar suas condições de segurança, conservação e operação. (ANEEL, 2015).

Segundo a Agência Nacional das Águas – ANA (2016), um segundo nível de inspeções, designado como inspeção regular, corresponde a um grau de detalhe superior, requerendo-se uma descrição de cada um dos aspectos a inspecionar, a medição, sempre que possível, das dimensões da anomalia, e uma classificação da anomalia em termos históricos (nova, sem ou com evolução) e de prioridade de intervenção (situação de alerta ou de emergência, de atenção, potencialmente grave e sem gravidade). A frequência indicada para as estas inspeções é semestral, recomendando-se que uma inspeção seja realizada no início da estação seca, e outra, no início da estação úmida.

3.3 INSPEÇÃO ESPECIAL

Para além destas inspeções de carácter regular, sempre que algum evento excepcional ocorra, especialmente grandes cheias, dever-se-á, durante a sua ocorrência, verificar as condições de funcionamento do(s) vertedouro(s), e após a sua ocorrência, realizar uma inspeção muito detalhada, em particular, ao vertedouro e às zonas com ele confinantes e ao pé de jusante da barragem, com vista à detecção de erosões (ANA, 2016).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ESTUDO

Colatina é uma cidade de 1.416 quilômetros quadrados, com cerca de 123 mil habitantes, sendo 88% na área urbana e 12% na zona rural. Estrategicamente localizada no centro do Estado, a cidade registra a maior potencialidade econômica da região Norte. Situada no Vale do Rio Doce, está a 130 quilômetros de Vitória, capital do Espírito Santo. Por ela passa a estrada de ferro Vitória-Minas, a BR-259 e a Estadual 080 (PREFEITURA MUNICIPAL DE COLATINA - PMC, 2020).

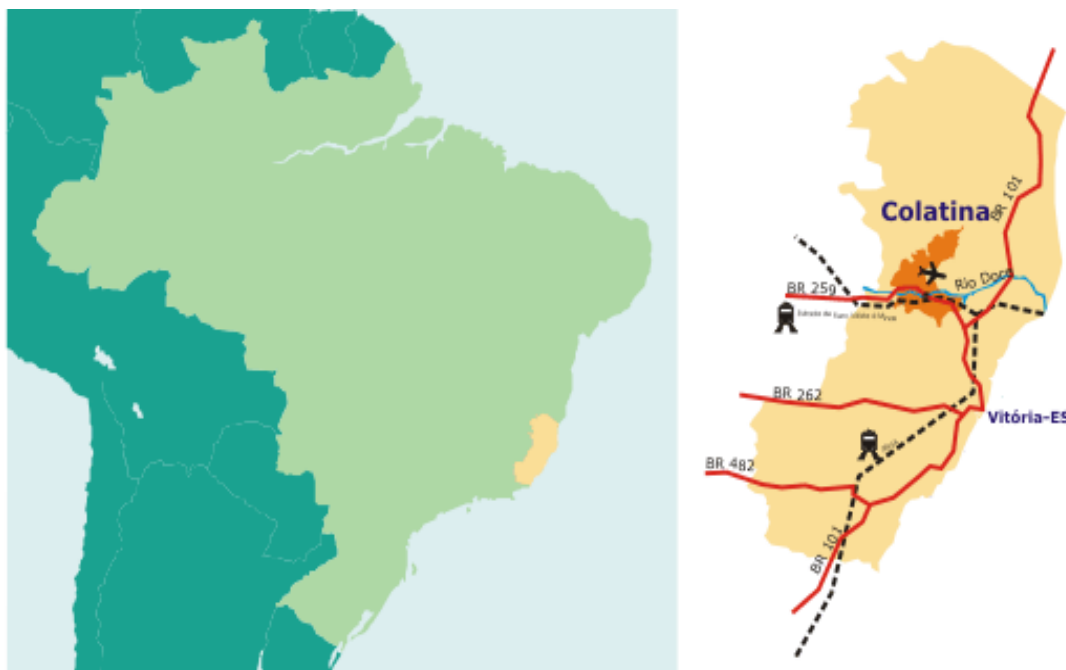


Figura 7: Localização do município de Colatina-ES.

Fonte: Site Prefeitura de Colatina (2020)²

²Disponível em < <https://www.colatina.es.gov.br/>> Acesso em: 20 ago. 2020

O município de Colatina-ES possui duas barragens com fins de geração de energia elétrica administradas pela Empresa de Luz e Força Santa Maria, uma localizada no distrito Córrego do Oito e Santa Maria, os empreendedores das barragens são os responsáveis legais pela segurança da barragem, e devem manter atualizadas as informações relativas às suas barragens junto à respectiva entidade fiscalizadora, (ANEEL, 2015).

4.2 DADOS

O município de Colatina-ES possui a Pequena Central Hidrelétrica - PCH, Barragem de concreto, localizada no curso do rio Santa Maria, que tem o objetivo de geração de energia elétrica e está localizado nas coordenadas -19,6206 latitude e -40,6150 longitude com sua operação autorizada pelo órgão fiscalizador ANEEL.



Foto 1: Barragem Santa Maria
Fonte: Elaborado pelos autores

A barragem da Santa Maria localizada em Colatina/ES, está em operação desde 1946 é uma pequena central hidrelétrica a fio d'água com potência instalada de 420 kW, com duas turbinas, queda bruta de 13,61 m, com barragem de concreto de 5,30m de altura máxima, comprimento total da crista de 45 metros e adução em canal aberto de 455 metros, com vazão máxima turbinada de 2,85m³/s.

As barragens em estudo serão avaliadas pela Resolução nº 696, de 15 dezembro de 2015 onde estabelece critérios para classificação, formulação do Plano de Segurança e realização da Revisão Periódica de Segurança em barragens. (ANEEL, 2015)

Segundo a ANEEL (2015) o método de avaliação e classificação das barragens de geração de energia elétrica foi elaborado a partir da matriz para classificação das barragens de acumulação de água.

Ainda segundo a ANEEL (2015), esse método avalia a barragem segundo a Categoria de Risco, como: (Características Técnicas, Estado de Conservação, Plano de segurança de Barragens) e também o Dano Potencial Associado, tais como: (Alto, Médio, Baixo) e por fim será apurado o resultado final informando a Categoria de Risco e Dano Potencial Associado.

O anexo II da RN 696/2015 ANEEL possui a matriz para classificação das barragens de acumulação de água onde após avaliação fotográfica foi avaliado as seguintes pontuações;

Para a Categoria de Risco conforme dados da tabela 1, foi classificado com uma pontuação total de 17 pontos, onde sua faixa de classificação ficou como risco Baixo conforme classificação da tabela 2.

TABELA 1: CATEGORIA DE RISCO

II.1 - CATEGORIA DE RISCO		Pontos
1	Características Técnicas (CT)	11
2	Estado de Conservação (EC)	3
3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	3
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS		17

Fonte: ANEEL (2015).

De acordo com a pontuação total conforme tabela 2, se o Estado de conservação (EC) for menor que 8 pontos a faixa de Categoria de Risco Baixo.

TABELA 2: CLASSIFICAÇÃO DA CATEGORIA DE RISCO

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO		CRI
	ALTO		≥ 60 ou $EC^* \geq 8$ (*)
	MÉDIO		35 a 60
	BAIXO		≤ 35

(*) Pontuação (maior ou igual a 8) em qualquer item de Estado de Conservação implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providências imediatas pelo responsável pela barragem.

Fonte: ANEEL (2015).

Para o dano Potencial Associado (DPA) conforme o anexo II da RN 696/2015 ANEEL fica classificado conforme a tabela 3.

TABELA 3: DANO POTENCIAL ASSOCIADO

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO		DPA
	ALTO		≥ 16
	MÉDIO		$10 < DPA < 16$
	BAIXO		≤ 10

Fonte: ANEEL (2015).

O Dano Potencial Associado para critério de classificação ficou com 5 pontos sendo classificado a Barragem como Dano Potencial Associado Baixo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir de um memorial descritivo, plantas topográficas e isométricas e visita ao local, concluiu-se uma avaliação final conforme a matriz de classificação de risco da barragem de acumulação de água para fins de geração de energia elétrica.

De uma forma sucinta, a Categoria de Risco, obteve uma pontuação total na faixa de classificação Baixa, devido a somatória da Categoria de Risco menor que 35 pontos.

Contudo na categoria Dano Potencial Associado - DPA, houve uma pontuação baixa classificando o DPA como risco Baixo. A classificação geral utilizando a matriz de classificação ficou em Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Associado Baixo.

Apesar não foram identificados fatores de risco durante a inspeção visual “in loco”, como erosões de grande porte, rachaduras extensas, dentre outros que pudessem provocar incidentes/acidentes imediatos devido a barragem está no limite máximo de altura conforme fotos 1 e 2.

Entretanto, as recomendações que sejam realizadas novas inspeções e possíveis correções na época de seca onde o nível da barragem estiver baixo, devem ser seguidas como forma de se evitar o agravamento das anomalias e garantir a segurança futurada barragem.

Contudo não se pode esquecer que as anomalias, o custo envolvido em reparações e ruptura estão correlacionadas. Como já afirmado anteriormente, a literatura acadêmica mostra que os custos relacionados aos casos de rupturas de uma barragem são bem maiores do que aqueles que garantem a sua segurança.

Com este trabalho podemos concluir que a categoria de Risco Baixo, foi devido constatação no local onde as Características Técnicas (CT), Estado de Conservação (EC) e Plano de segurança de Barragens (PS), estavam satisfatoriamente aceitas, mas, a verificação da evolução técnica e avaliações semestrais certamente trará mais segurança a Barragem de Concreto.

Apesar das limitações do trabalho, visto que não foram inspecionadas o lado a montante da barragem devido ao seu nível alto do Rio Santa Maria, foi atingindo todos os objetivos propostos ao se relatar de forma precisa as condições físicas das barragens, e propondo avaliações semestrais e eventuais ações capazes de confirmar

ou minimizar as anomalias.

Para finalizar, o trabalho configura-se como relevante academicamente, no sentido de contribuir como fonte de pesquisa a metodologia de inspeção da ANEEL.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS- AGERH. **Cartilha Segurança de Barragens**: Cartilha. Vitória-ES: FAPES, IDARF, IEMA, 2020. Disponível em: <https://agerh.es.gov.br/Media/agerh/Cartilha/SegurancadeBarragens_Agerh.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2022.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. **Guia Prático de Pequenas Barragens**. Brasília. 2016. Disponível em: <<http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/downloads/publicacoes/ManualEmpreendedor>>. Acesso em: 09 abr. 2022.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Resolução nº 696, de 15 dezembro de 2015**. Estabelece critérios para classificação, formulação do Plano de Segurança e realização da Revisão Periódica de Segurança em barragens fiscalizadas pela ANEEL de acordo com o que determina a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Brasília. 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015696.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2022.
- BORGES NETO, Manuel Rangel; CARVALHO, Paulo. **Geração de Energia Elétrica**: fundamentos. São Paulo, Saraiva, 2012
- CHIOSSI, Nivaldo. **Geologia de Engenharia**. 3 ed São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE - CBH - DOCE. **A Bacia**. 2016. Disponível em: <<http://www.cbhdoce.org.br/institucional/a-bacia>>. Acesso em: 21 mai.2022.
- MASSAD, Façal. **Obras de terra**: curso básico de geotecnia. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- MELLO, V. F. B. **Maçãos e Obras de Terra**: anotações de apoio às aulas. São Paulo: EPUSP, 1975, 114 p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE COLATINA - PMC. **Site institucional**. 2020. Disponível em: <https://www.colatina.es.gov.br/>
- RADUNS, Caroline Daiane et al. **Água e Energia Elétrica**: teoria e prática sobre o uso eficiente. São Paulo: Unijuí, 2020.
- VARGAS, M. **Introdução à Mecânica dos Solos**. São Paulo: McGraw-Hill, 1977.

APÊNDICE I

ANEXO II

QUADRO PARA CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA

NOME DA BARRAGEM:		CGH Santa Maria
NOME DO EMPREENDEDOR:		Sta. Mª Geração e Trans. de Energia S/A
DATA:		30/05/2022
II.1 - CATEGORIA DE RISCO		Pontos
1	Características Técnicas (CT)	11
2	Estado de Conservação (EC)	3
3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	3
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS		17
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	>= 60 ou EC* >= 8 (*)
	MÉDIO	35 a 60
	BAIXO	<= 35
(*) Pontuação (maior ou igual a 8) em qualquer item de Estado de Conservação implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providências imediatas pelo responsável pela barragem.		
II.2 - DANO POTENCIAL ASSOCIADO		Pontos
	DANO POTENCIAL ASSOCIADO (DPA)	5
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO	DPA
	ALTO	>= 16
	MÉDIO	10 < DPA < 16
	BAIXO	<= 10
RESULTADO FINAL DA AVALIAÇÃO:		
	CATEGORIA DE RISCO	BAIXO
	DANO POTENCIAL ASSOCIADO	BAIXO

ANEXO I - MATRIZ DE CATEGORIA DE RISCO E DANO POTENCIAL ASSOCIADO

CATEGORIA DE RISCO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	B
MÉDIO	B	C	C
BAIXO	B	C	C

Quadro 1: Quadro para Classificação das Barragens de acumulação de água
Fonte: ANEEL (2015).

APÊNDICE II

1- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT	PONTOS
a) Altura	
<input checked="" type="radio"/> Altura \leq 15 m (0)	0
<input type="radio"/> 15 m < Altura < 30 m (1)	
<input type="radio"/> 30 m \leq Altura \leq 60 m (2)	
<input type="radio"/> Altura > 60 m (3)	
b) Comprimento	
<input checked="" type="radio"/> Comprimento \leq 200 m (2)	2
<input type="radio"/> Comprimento > 200 m (3)	
c) Tipo de Barragem quanto ao material de construção	
<input checked="" type="radio"/> Concreto convencional (1)	1
<input type="radio"/> Alvenaria de pedra / concreto ciclópico / concreto rolado - CCR (2)	
<input type="radio"/> Terra homogênea / enrocamento / terra enrocamento (3)	
d) Tipo de Fundação	
<input checked="" type="radio"/> Rocha Sã (1)	1
<input type="radio"/> Rocha alterada dura com tratamento (2)	
<input type="radio"/> Rocha alterada sem tratamento / Rocha alterada fraturada com tratamento (3)	
<input type="radio"/> Rocha alterada mole / saprólito / solo compacto (4)	
<input type="radio"/> Solo residual / aluvião (5)	
e) Idade da Barragem	
<input type="radio"/> entre 30 e 50 anos (1)	4
<input type="radio"/> entre 10 e 30 anos (2)	
<input type="radio"/> entre 5 e 10 anos (3)	
<input checked="" type="radio"/> < 5 anos ou > 50 anos, ou sem informação (4)	
f) Vazão de Projeto	
<input checked="" type="radio"/> CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (3)	3
<input type="radio"/> Milenar (5)	
<input type="radio"/> TR = 500 anos (8)	
<input type="radio"/> TR < 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	
CT (Total)	11

Quadro 2: Características Técnicas
 Fonte: ANEEL (2015).

APÊNDICE III

2- ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC	PONTOS
g) Confiabilidade das Estruturas Extravasoras	
<input checked="" type="radio"/> Estruturas civis e hidroeletrromecânicas em pleno funcionamento / canais de aproximação ou de restituição ou vertedouro (tipo soleira livre) desobstruídos (0)	0
<input type="radio"/> Estruturas civis e hidroeletrromecânicas preparadas para a operação, mas sem fontes de suprimento de energia de emergência / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões ou obstruções, porém sem riscos à estrutura vertente (4)	
<input type="radio"/> Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e com medidas corretivas em implantação / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões e/ou parcialmente obstruídos, com risco de comprometimento da estrutura vertente (7)	
<input type="radio"/> Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e sem medidas corretivas/ canais ou vertedouro (tipo soleira livre) obstruídos ou com estruturas danificadas (10)	
h) Confiabilidade das Estruturas de Adução	
<input checked="" type="radio"/> Estruturas civis e dispositivos hidroeletrromecânicos em condições adequadas de manutenção e funcionamento (0)	0
<input type="radio"/> Estruturas civis comprometidas ou hidroeletrromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e com medidas corretivas em implantação (4)	
<input type="radio"/> Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e sem medidas corretivas (6)	
i) Percolação	
<input type="radio"/> Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)	3
<input checked="" type="radio"/> Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras estabilizadas e/ou monitoradas (3)	
<input type="radio"/> Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem tratamento ou em fase diagnóstico (5)	
<input type="radio"/> Surgências nas áreas de jusante, taludes ou ombreiras com carreamento de material ou com vazão crescente (8)	
j) Deformações e recalques	
<input checked="" type="radio"/> Inexistente (0)	0
<input type="radio"/> Existência de trincas e abatimentos de pequena extensão e impacto nulo (1)	
<input type="radio"/> Existência de trincas e abatimentos de impacto considerável gerando necessidade de estudos adicionais ou monitoramento (5)	
<input type="radio"/> Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos expressivos, com potencial de comprometimento de segurança (8)	
k) Deterioração dos Taludes / Parâmetros (k)	
<input checked="" type="radio"/> Inexistente (0)	0
<input type="radio"/> Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de arbustos de pequena extensão e impacto nulo (1)	
<input type="radio"/> Erosões superficiais, ferragem exposta, crescimento de vegetação generalizada, gerando necessidade de monitoramento ou atuação corretiva (5)	
<input type="radio"/> Depressões acentuadas no taludes, escorregamentos sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento de segurança (7)	
l) Eclusa	
<input checked="" type="radio"/> Não possui eclusa (0)	0
<input type="radio"/> Estruturas civis e hidroeletrromecânicas bem mantidas e funcionando (1)	
<input type="radio"/> Estruturas civil comprometidas ou dispositivos hidroeletrromecânicos com problemas identificados e com medidas corretivas em implantação (2)	
<input type="radio"/> Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrromecânicos com problemas identificados e sem medidas corretivas (4)	
EC (Total)	3

Quadro 3: Estado de Conservação
Fonte: ANEEL (2015).

APÊNDICE IV

3- PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS	PONTOS
n) Existência de documentação de projeto	
<input checked="" type="radio"/> Projeto executivo e "como foi construído" (0)	0
<input type="radio"/> Projeto executivo ou "como foi construído" (2)	
<input type="radio"/> Projeto básico (4)	
<input type="radio"/> Anteprojeto ou Projeto conceitual (6)	
<input type="radio"/> Inexiste documentação de projeto (8)	
o) Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de Segurança de Barragem	
<input checked="" type="radio"/> Possui estrutura organizacional com técnico responsável pela segurança da barragem (0)	0
<input type="radio"/> Possui técnico responsável pela segurança da barragem (4)	
<input type="radio"/> Não possui estrutura organizacional e responsável técnico pela segurança da barragem (8)	
p) Procedimentos de roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento	
<input type="radio"/> Possui e aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (0)	3
<input checked="" type="radio"/> Possui e aplica apenas procedimentos de inspeção (3)	
<input type="radio"/> Possui e não aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (5)	
<input type="radio"/> Não possui e não aplica procedimentos para monitoramento e inspeções (6)	
q) Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem	
<input checked="" type="radio"/> Sim ou Vertedouro tipo soleira livre (0)	0
<input type="radio"/> Não (6)	
r) Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação	
<input checked="" type="radio"/> Emite regularmente os relatórios (0)	0
<input type="radio"/> Emite os relatórios sem periodicidade (3)	
<input type="radio"/> Não emite os relatórios (5)	
PS (Total)	3

Quadro 4: Plano de Segurança da Barragem
 Fonte: ANEEL (2015).

APÊNDICE V

II.2 - Quadro para classificação quanto ao dano potencial associado - DPA (Acumulação de Água)		Pts
a) Volume Total do Reservatório		
<input type="radio"/> Pequeno: ≤ 5 milhões m^3 (1)		2
<input checked="" type="radio"/> Médio: 5 milhões a 75 milhões m^3 (2)		
<input type="radio"/> Grande: 75 milhões a 200 milhões m^3 (3)		
<input type="radio"/> Muito Grande: > 200 milhões m^3 (5)		
b) Potencial de perdas de vidas humanas		
<input checked="" type="radio"/> INEXISTENTE: não existem pessoas permanente/residentes ou temporárias/transitando na área afetada à jusante da barragem (0)		0
<input type="radio"/> POUCO FREQUENTE: não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local (4)		
<input type="radio"/> FREQUENTE: não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal, estadual, federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas (8)		
<input type="radio"/> EXISTENTE: existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas (12)		
c) Impacto ambiental		
<input checked="" type="radio"/> SIGNIFICATIVO: área afetada da barragem não representa área de interesse ambiental, áreas protegidas em legislação específica, ou encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais (3)		3
<input type="radio"/> MUITO SIGNIFICATIVO: área afetada da barragem representa interesse ambiental relevante ou protegida em legislação específica (5)		
d) Impacto sócio-econômico		
<input checked="" type="radio"/> INEXISTENTE: não existem quaisquer instalações e serviços de navegação na área afetada por acidente da barragem (0)		0
<input type="radio"/> BAIXO: existe pequena concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação (4)		
<input type="radio"/> ALTO: existe grande concentração de instalações residenciais, comerciais, agrícolas, industriais, de infraestrutura e serviços de lazer e turismo na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação (8)		
DPA (Total)		5

Quadro 5: Quadro para Classificação ao dano potencial associado - DPA (Acumulação de Água)
 Fonte: ANEEL (2015).