



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE CARAÚBAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

MILIANE DE SOUZA MEDEIROS

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA BARRAGEM PASSAGEM
DAS TRAÍRAS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO SERIDÓ-RN**

CARAÚBAS

2021

MILIANE DE SOUZA MEDEIROS

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA BARRAGEM PASSAGEM
DAS TRAÍRAS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO SERIDÓ-RN**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Márcia Yara de Oliveira Silva,
Prof^a.Ma.

CARAÚBAS

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

d488a de Souza Medeiros, Miliane.
Análise das manifestações patológicas da
barragem Passagem das Traíras no município de São
José do Seridó-RN / Miliane de Souza Medeiros. -
2021.
84 f. : il.

Orientadora: Márcia Yara de Oliveira Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2021.

1. Manifestações patológicas. 2. Barragem de
concreto. 3. Recuperação. 4. Manutenção. 5.
Problema estrutural. I. de Oliveira Silva, Márcia
Yara , orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MILIANE DE SOUZA MEDEIROS

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA BARRAGEM PASSAGEM
DAS TRAÍRAS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO SERIDÓ-RN**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 24 / 05 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

MARCIA YARA DE OLIVEIRA SILVA: 05163965441
Assinado digitalmente por MARCIA YARA DE OLIVEIRA SILVA:
05163965441
Data: 2021.06.11 09:47:50-03'00'
Foxit Reader Versão: 10.1.0

Márcia Yara de Oliveira Silva, Prof^a. Ma. (UFERSA)
Presidente

Wellington Lorrán G. Ferreira

Wellington Lorrán Gaia Ferreira, Prof. Me. (UFERSA)
Membro Examinador

WENDEL SILVA CABRAL:00990257444
Assinado de forma digital por WENDEL SILVA CABRAL:00990257444
Dados: 2021.06.10 15:51:44 -03'00'

Wendel Silva Cabral, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

THAYNON BRENDON PINTO NORONHA

Thaynon Brendon Pinto Noronha, Esp.
Membro Examinador

Dedico este trabalho primeiramente a Deus pela fé, saúde, proteção e perseverança.

A Mauricio de Medeiros, meu pai e Maria das Neves de Souza Medeiros minha mãe, pelo apoio, amor e compreensão.

Aos meus irmãos Mioquides de Souza Medeiros e Mauricio de Souza Medeiros pelo carinho.

E a minha orientadora Márcia Yara de Oliveira Silva por toda atenção, conhecimento e amizade.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade de vencer mais um obstáculo em minha vida e realização de um sonho compartilhado.

Ao meu pai, Mauricio de Medeiros, e a minha mãe, Maria das Neves de Souza Medeiros por quem tenho extremo amor e admiração. Obrigada pelo apoio incondicional e por acreditar na minha capacidade.

Aos meus familiares e irmãos, Mioquides de Souza Medeiros e Mauricio de Souza Medeiros, pelo apoio, sem vocês a caminhada teria sido mais difícil.

A minha orientadora, Márcia Yara de Oliveira Silva, pela paciência, incentivo e conhecimentos compartilhados.

Aos que fazem parte da empresa RCA Construção LTDA, pelo apoio e fornecimento de dados, também agradeço ao meu supervisor de estágio, o engenheiro Alirio Fernandes Barreto Junior por todo ensinamento profissional e amizade.

Agradeço em especial as amigas que a UFERSA me proporcionou, e aos professores que foram os meus degraus para chegar até aqui. Enfim, aos que me ajudaram de forma direta ou indiretamente, fica minha eterna gratidão.

“As pessoas alcançam sucesso quando elas percebem que seus fracassos são uma preparação para suas vitórias.”

Ralph Waldo Emerson

RESUMO

As barragens são estruturas designadas a represar água, possuindo diferentes finalidades, como abastecimento, produção de energia, controle de vazão, rejeitos, entre outros. É uma das opções mais viáveis para a região do Seridó, devido aos longos períodos de estiagem. O estudo analisa as manifestações patológicas na barragem Passagem das Traíras, localizada na cidade de São José do Seridó/RN, relacionando a importância das inspeções, com a segurança de barragens e a ação de recuperação. Considerando que as barragens indicam notável potencial de risco, em virtude de possíveis danos socioeconômicos ou catastróficos, que podem ser ocasionados por problemas estruturais e técnicos, tornar-se indispensável o monitoramento e as manutenções periódicas para manter a segurança e funcionalidade da estrutura. Tendo em vista o quanto é relevante a barragem para a região, procurou-se observar e identificar as anomalias, baseando em relatórios técnicos e em visitas em campo, seguindo as recomendações do Manual de Inspeção de Barragens da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), como também a realização do estudo do projeto de recuperação da barragem, por meio dos materiais disponibilizados pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e construtora contratada. Portanto, foi possível analisar as anomalias e verificar o que indicava nos relatórios de segurança e que a recuperação era realmente necessária para a barragem de concreto que estava em condição de alerta.

Palavras-chave: Manifestações patológicas; Barragem de concreto; Recuperação; Manutenção; Problema estrutural.

ABSTRACT

Dams are structures designed to dam water, serving different purposes, such as supply, energy production, flow control, tailings, among others, it is one of the most viable options for a region of Seridó, due to long periods of drought. The study analyzes the pathological manifestations in the Passage of the Traíras dam, located in the city of São José do Seridó/RN, relating the importance of inspections, with the safety of dams and the action of recovery. Considering that dams indicate a remarkable potential for risk, due to possible socioeconomic or catastrophic damage, which can be caused by structural and technical problems, monitoring and periodic maintenance is essential to maintain the safety and functionality of the structure. In view of how relevant a dam is to the region, it should be noted and identified as anomalies, based on technical reports and field visits, following the recommendations of the Dam Inspection Manual of the National Water Agency Sanitation (ANA), as well as carrying out the study of the dam recovery project, using the materials made available by National Department of Works Against Drought (DNOCS) and the contractor. Therefore, it was possible to analyze how anomalies and verify what is indicated in the safety reports and that the recovery was really necessary for a concrete dam that was in an alert condition.

Keywords: Pathological manifestations; Concrete dam; Recovery; Maintenance; Structural problem.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema de barragens de gravidade, a (A) indica a barragem sem inclinação e (B) com inclinação.	23
Figura 2 - Barragem em contraforte	24
Figura 3 - Ilustração de uma barragem em arco.....	25
Figura 4 - Barragem em arco-gravidade em construção.....	25
Figura 5 - Seção transversal de uma barragem de CCR.	26
Figura 6- Fluxograma das atividades.	35
Figura 7- Localização do município de São José do Seridó-RN.	36
Figura 8 - Barragem Passagem das Traíras	37
Figura 9- Detalhe de uma das juntas de dilatação a montante.	43
Figura 10- Detalhes do paramento de montante, irregularidades.	43
Figura 11- Paramento montante, resto de fôrma no concreto de face.	44
Figura 12- Paramento de montante, área do vertedouro.	44
Figura 13- A) Coroamento da ombreira esquerda e B) coroamento do vertedouro.	45
Figura 14- Paramento de jusante, antes da escarificação.	46
Figura 15 - Paramento de jusante, presença de raízes, desfragmentação e irregularidades.	46
Figura 16- Fundação do paramento jusante.....	47
Figura 17- Galeria, parte entre vertedouro e ombreira esquerda.	47
Figura 18- A) Galeria saída do vertedouro e B) entrada pela ombreira esquerda.	48
Figura 19- Vegetação nos degraus do vertedouro.	49
Figura 20- Degráus do vertedouro, ausência de uniformidade.	49
Figura 21 - Desgaste nos degraus do vertedouro.	49
Figura 22- Infiltração e lixiviação.	50
Figura 23 - Ligação do vertedouro com a ombreira esquerda.	50
Figura 24- Bacia de dissipação.....	51
Figura 25- Tomada d'água DN 500mm.....	51
Figura 26- Descarga de fundo retirada.	52
Figura 27- Barragem e relevo na área estudada.....	53
Figura 28- Paramento de jusante escarificado.	54
Figura 29- Parede interna da galeria, que era revestida de alvenaria.	55
Figura 30- Irregularidades no paramento de montante.	56
Figura 31 - Junta <i>fungeband</i>	56
Figura 32- Barragem Passagem das Traíras, em fase de construção.	57

Figura 33 - Construção do barramento da barragem Passagem das Traíras.	58
Figura 34- Construção do vertedouro da barragem Passagem das Traíras.	58
Figura 35 - Concretagem da barragem Passagem das Traíras.	59
Figura 36 - Finalização do vertedouro.	59
Figura 37 – Perfil longitudinal da abertura da fenda.	61
Figura 38- Seção do vertedouro.	62
Figura 39- Demolição da ombreira esquerda.	63
Figura 40- Demolição de 2 m de CCR concluída.	63
Figura 41- Demolição da crista do perfil <i>creager</i> do vertedouro.	64
Figura 42 - Projeto inicial da reconstrução da crista do perfil <i>creager</i> do vertedouro.	64
Figura 43 - Envelopamento dos degraus do vertedouro.	65
Figura 44 - Paramento de jusante, degraus sem geometria.	66
Figura 45 - Detalhe da junta <i>fungeband</i>	66
Figura 46- Fixação da tela e grampos de ancoragem.	67
Figura 47- Perfil longitudinal do projeto inicial do plano de injeção de impermeabilizante.	68
Figura 48- Injeções de nata cimento executadas.	68
Figura 49 - Tomada d'água DN 500 mm, danificada.	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Termos empregados na área da construção civil.....	27
Quadro 2 - Legenda de situações.....	41
Quadro 3 - Legenda de magnitude e nível de perigo.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resumo dos Resultados da barragem Passagem das Traíras	71
Tabela 2 - Barragens Cadastradas no RN, ao longo dos anos.	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.

CCR - Concreto Compactado a Rolo.

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

CRI - Categoria de Risco.

DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra a Seca.

DPA - Dano Potencial Alto.

EPI - Equipamentos de Proteção Individual.

IGARN - Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte.

PAE - Plano de Ação de Emergência.

PNSB - Política Nacional de Segurança de Barragens.

PSB - Plano de Segurança de Barragens.

RSB - Relatório de Segurança de Barragens.

SEMARH - Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

SNISB - Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
1.1 Objetivos.....	19
1.1.1 Objetivo geral.....	20
1.1.2 Objetivos específicos	20
1.2 Estrutura do trabalho	20
2. REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 Características e classificação das barragens	21
2.1.1 Componentes estruturais das barragens.....	21
2.1.2 Classificação das barragens rígidas	23
2.1.3 Concreto compactado a rolo - CCR.....	26
2.2 Patologias.....	27
2.2.1 Manifestações patológicas em barragens	28
2.2.1.1 Fissuras e trincas.....	28
2.2.1.2 Lixiviação	29
2.2.1.3 Corrosão da armadura.....	29
2.2.1.4 Infiltração.....	29
2.2.1.5 Abrasão e cavitação	29
2.2.1.6 Desalinhamentos e deslocamentos diferenciais.....	30
2.2.1.7 Deterioração química.....	30
2.2.2 Inspeção	30
2.2.3 Manutenção	31
2.3 Política nacional de segurança de barragens (PNSB)	32
2.3.1 Relatório de Segurança de Barragens (RSB).....	33
2.4 Rompimento de barragens no Brasil	34

3. METODOLOGIA.....	35
3.1 Caracterização do local.....	36
3.2 Vistoria	37
3.2.1 Materiais utilizados.....	37
3.2.2 Método utilizado.....	37
3.3 Levantamento topográfico	39
3.3.1 Materiais utilizados.....	39
3.3.2 Método utilizado.....	39
3.4 Diagnóstico das patologias	40
3.5 Análise dos Relatórios de Segurança de barragens.....	40
3.6 Análise do projeto de recuperação da barragem de concreto	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
4.1 Vistoria	41
4.1.1 Paramento de montante	42
4.1.2 Coroamento	45
4.1.3 Paramento de jusante	45
4.1.4 Galeria de inspeção.....	47
4.1.5 Vertedouro	48
4.1.6 Bacia de dissipação.....	50
4.1.7 Componentes hidráulicos	51
4.2 Levantamento topográfico	52
4.3 Diagnóstico das patologias	54
4.3.1 Diagnóstico das técnicas construtivas	57
4.4 Análise do projeto de recuperação da barragem Passagem das Traíras	60
4.4.1 Ombreira direita.....	60
4.4.2 Ombreira esquerda.....	62

4.4.3 Vertedouro	63
4.4.4 Paramento de montante	66
4.4.5 Fundação.....	67
4.4.6 Componentes hidráulicos	69
4.4.7 Galeria	70
4.5 Análise dos Relatórios de Segurança de Barragem.....	70
5. CONCLUSÕES.....	73
REFERÊNCIAS.....	74
ANEXO A – Ficha técnica para barragens de concreto	77

1. INTRODUÇÃO

A barragem Passagem das Traíras, está localizada numa região que sofre com longos períodos de estiagem, sendo uma estrutura exequível para o local, tornando-se uma fonte hídrica que atenua a falta de água do município de São José do Seridó-RN. Apesar da importância, é uma estrutura suscetível a manifestações patológicas, que podem afetar a funcionalidade e segurança do reservatório, tendo um grande potencial de destruição.

Acidentes com barragens podem ocasionar imensuráveis danos, principalmente a população a jusante que a estrutura está localizada, envolvendo perda de vidas humanas e prejuízos ambientais. (ANDREETTA, 2020). Em vista da relevância da segurança das barragens, faz necessário inspeções periódicas para verificação do estado de conservação dessas estruturas, onde o mais adequado seria as manutenções preventivas ou preditivas, que garantem a segurança de forma eficaz sem risco a população, solucionando a problemática e impedindo sua evolução.

O estado do Rio Grande do Norte apresenta 272 barragens submetidas à Lei nº12.334/2010, do total de 630 cadastradas na planilha de dados do RSB 2019 (ANA, 2020), verificando-se que pouco mais de um terço está sendo monitorada de alguma maneira, e o restante é apenas cadastrada como informação.

Atualmente a barragem encontra-se em estado de alerta, sendo constatado a ausência de drenagem adequada, a ocorrência de defeitos e desgaste estrutural, tornando fundamental a rápida resolução dos problemas encontrados, mesmo no momento não possuindo risco iminente de ruptura da estrutura (RIO GRANDE DO NORTE, 2019).

Portanto, a metodologia aplicada, buscou identificar as manifestações patológicas, através de visitas em campo e informações técnicas, considerando as recomendações do Manual de Segurança e Inspeção de Barragens da Agência Nacional de Águas (ANA) e legislações vigentes, promovendo também uma análise do projeto de recuperação, visando expor as soluções das anomalias examinadas.

1.1 Objetivos

Os objetivos do trabalho são organizados em objetivos gerais e específicos.

1.1.1 Objetivo geral

Analisar as manifestações patológicas da barragem Passagem das Traíras, avaliando dos relatórios de segurança de barragens dos anos anteriores, e o projeto de recuperação da barragem, verificando as soluções adotadas para a resolução das patologias identificadas na barragem de concreto.

Diagnóstico das ações de manutenção e recuperação realizadas na barragem Passagem das Traíras/RN.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Identificar manifestações patológicas da barragem em concreto e analisar os relatórios de segurança de barragens (RSB) entre 2016 e 2019;
- Realizar o diagnóstico, mostrando as possíveis causas das manifestações patológicas;
- Avaliar o projeto de recuperação da barragem;

1.2 Estrutura do trabalho

O trabalho está dividido em cinco capítulos. O primeiro aborda o assunto de forma introdutória, expondo a temática, justificativa e os objetivos do trabalho.

O capítulo 2 abrange o referencial teórico, abordando sobre as características e classificação das barragens, como também patologia, as anomalias em barragens, bem como inspeção, manutenções e a importância da Política Nacional de Segurança em Barragens (PNSB) e dos Relatórios de Segurança de Barragens (RSB).

O capítulo 3 indica a metodologia utilizada para obtenção dos dados e para a inspeção da barragem, sendo observado no fluxograma de atividades.

O capítulo 4 traz algumas informações da barragem em estudo por meio dos RSB, a descrição das patologias encontradas, e o estudo da recuperação da barragem com discussões e resultados que foram pertinentes.

O capítulo 5 compreende as principais conclusões deste estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico é iniciado explicando as características e classificação das barragens, depois o tema patologia é abordado e posteriormente as anomalias que acomete as barragens de concreto, em seguida tem os tópicos sobre inspeção e manutenção, encerrando com os tópicos de Política Nacional de Segurança de Barragens e os rompimentos de barragens.

2.1 Características e classificação das barragens

Segundo a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, barragem é qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas (Art. 2º, inciso I).

As barragens são consideradas como uma alternativa viável de sobrevivência aos longos períodos de estiagem, sendo estruturas destinadas a acumulação de água, com diversas finalidades: abastecimento, irrigação, produção de energia, lazer, rejeitos e regularização de vazões. Estruturas essas construídas pelo homem, que permitiu o desenvolvimento de cidades e civilizações, por meio da promoção de atividades como a agricultura e pecuária (IBRACON, 2011).

No princípio, os materiais a serem utilizados para a construção das barragens, eram madeira, terra, alvenaria e rochas, posteriormente teve a invenção do cimento, e consequentemente começou a empregar o concreto com um dos materiais de construções de barragens, onde as características desse material proporcionou uma viabilizando de projetos maiores, maior durabilidade, menos custos na produção, disponibilidade de materiais e o uso de formas. Para a construção de uma barragem, deve ser analisado vários fatores, como ciclo hidrológico, deflúvio anual, geologia, entre outros (POSSAN, 2015).

2.1.1 Componentes estruturais das barragens

As barragens são constituídas de componentes estruturais característicos dessas construções, para melhor entendimento dos termos que serão usados no trabalho, se torna necessário a explicação desses elementos, esses componentes são os seguintes, conforme a Ana (2020):

Barramento: é a principal estrutura de retenção, construída transversal ao curso de água, feito junto à fundação e as ombreiras. Dependendo do material terá diversas técnicas construtivas, pode ser de aterro (terra, enrocamento e rejeitos), concreto (convencional, ciclópico, compactado a rolo) e entre outros. Geralmente, a seção transversal tem a forma trapezoidal, onde o lado maior fica em contato com o solo, ou seja, a fundação que é a base na qual a barragem se apoiará e onde deve ser estudado, em relação aos efeitos das cargas aplicadas.

Crista ou coroamento: constituindo a parte superior da barragem, que permite acesso a alguns componentes da barragem, sua largura é determinada pelo nível de tráfego sobre ela, deve ter uma inclinação para escoamento de águas de chuva.

Taludes ou paramento: são os lados inclinados da barragem, designados como talude ou paramento de montante e jusante, diferenciando o lado montante como a parte que ficará diretamente em contato com a água, desse modo necessita de cuidados especiais, devido a ação da água, e paramento de jusante como o lado oposto ao de montante, também deve ter atenção a ação da água das chuvas.

Vertedouros: são estruturas extravasoras que servem para controlar o nível de água do reservatório, permitindo a evacuação da água de montante para jusante, em períodos de cheia, durante a cheia o nível da água ultrapassa a cota da soleira, atingindo o nível máximo do reservatório.

Borda livre: é a distância vertical entre a crista e o nível máximo do reservatório, sendo uma maneira de assegurar que o vertedouro seja capaz de permitir a passagem da cheia do projeto sem o nível do reservatório ultrapasse o limite.

Ombreiras: consiste nas zonas que tem contato com as margens, ou seja, a barragem com o terreno natural, geralmente pontos que necessitam mais atenção, devido a solicitação de resistência. As ombreiras são chamadas de ombreira direita e ombreira esquerda, a ombreira direita é identificada como a margem direita do curso de água, onde se localiza a direita do observador, no lado a montante do barramento, e a ombreira esquerda o lado oposto. As ombreiras, associadas com o barramento e fundação, necessitam garantir a retenção de água no reservatório, sem deixar passar a água represada.

As descargas de fundo são equipadas com uma comporta para a operação normal, também pode haver uma comporta de segurança adicional. A maioria delas estão localizadas em condutos inseridos na fundação da barragem, para fins de controle e segurança, esta tubulação deverá originar-se em uma estrutura de concreto armado. Para permitir o aproveitamento da água para qualquer finalidade, a barragem possui uma saída, sendo que

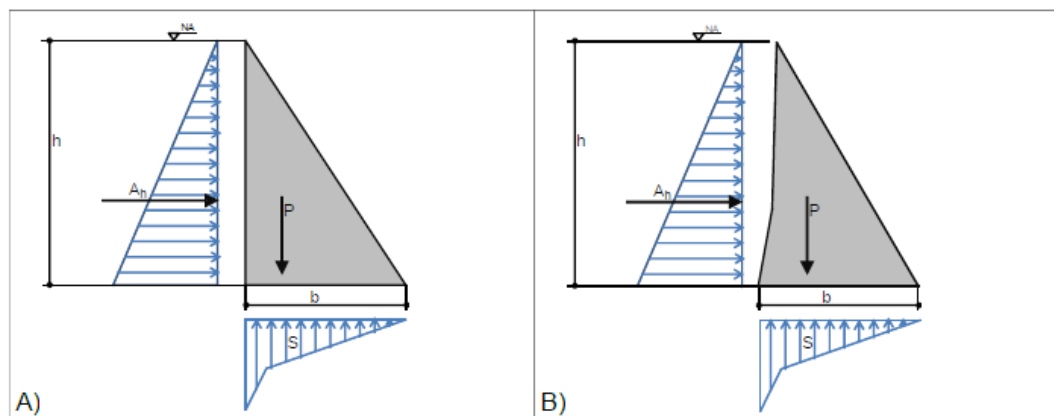
numa pequena barragem a saída de água e a saída de fundo podem ser da mesma estrutura. Nas barragens de geração de energia, a água é transportada para a estação de energia e então flui de volta para o rio por meio de turbinas.

2.1.2 Classificação das barragens rígidas

Segundo Possan (2015), as barragens se classificam segundo os materiais que as constituem, podendo serem rígidas e deformáveis (não rígidas). As barragens rígidas podem ser entendidas como as que necessitam de dispositivos especiais, por exemplo as juntas de dilatação, devido a diferença de temperatura e dilatação do material, pressão e etc.

Barragem de gravidade: constituída de concreto maciço, normalmente, possui uma forma quase trapezoidal, com coroamento ou crista em seção retangular, o paramento de montante pode ser vertical ou ter uma inclinação, tornando a base da barragem mais larga, são construídas por blocos separados por juntas de contração, que diminui os efeitos das tensões de dilatação. As fundações dessas barragens devem ser construídas em rocha sã, onde seu equilíbrio estático realiza-se pelo próprio peso, as forças atuantes são transmitidas da base para a rocha do leito do rio, como mostrado na Figura 1, garantindo estabilidade quanto ao tombamento, deslizamento e flutuação.

Figura 1- Esquema de barragens de gravidade, a (A) indica a barragem sem inclinação e (B) com inclinação.



Fonte: Possan (2015).

Barragens em gravidade aliviada: são parecidas com as barragens de gravidade, mas apresentam espaços vazios em seu núcleo, com redução do volume de concreto empregado, porém a economia de concreto supera as dificuldades de execução.

Barragens em contraforte: são de construções mais complexas e que acarreta maior custo devido os métodos construtivos, como pode ser visto na Figura 2.

De acordo com Schreiber (1977, apud POSSAN, 2015) “Os contrafortes são estruturas tipo “pilares” que recebem o esforço do empuxo do paramento de montante descarregando-o para as fundações. A parede vedante é formada por lajes de concreto armado apoiadas nos contrafortes, em geral, em forma de semicírculo”.

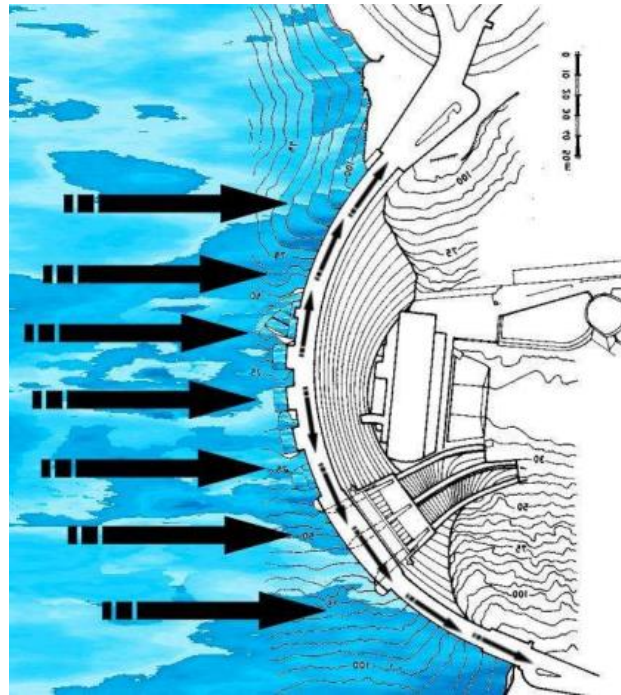
Figura 2 - Barragem em contraforte



Fonte: Possan (2015).

Barragens em arco: construída de concreto massa ou armado, contendo curvatura para montante na direção do reservatório, como na Figura 3. São estruturas que consomem menos concreto que as barragens de gravidade, onde o peso próprio fica em segundo plano, mas possuindo a especificação de serem empregues apenas em rios que dispõem de vales estreitos, dando condição de apoio as ombreiras, local onde o esforço da água é maior (STEPHENS, 2011).

Figura 3 - Ilustração de uma barragem em arco.



Fonte: Stephens (2011).

Barragens em arco-gravidade: são estruturas que detém planimetria em forma de arco, mas funcionam praticamente como barragens de gravidade, ligando as vantagens de ambas. Podendo ser construídas tanto em concreto ciclópico, como concreto convencional ou concreto compactado com rolo, apresenta a seção transversal mais esbelta que a barragem de gravidade, porém mais espessa que as barragens em arco, exemplo na Figura 4 (POSSAN, 2015).

Figura 4 - Barragem em arco-gravidade em construção.

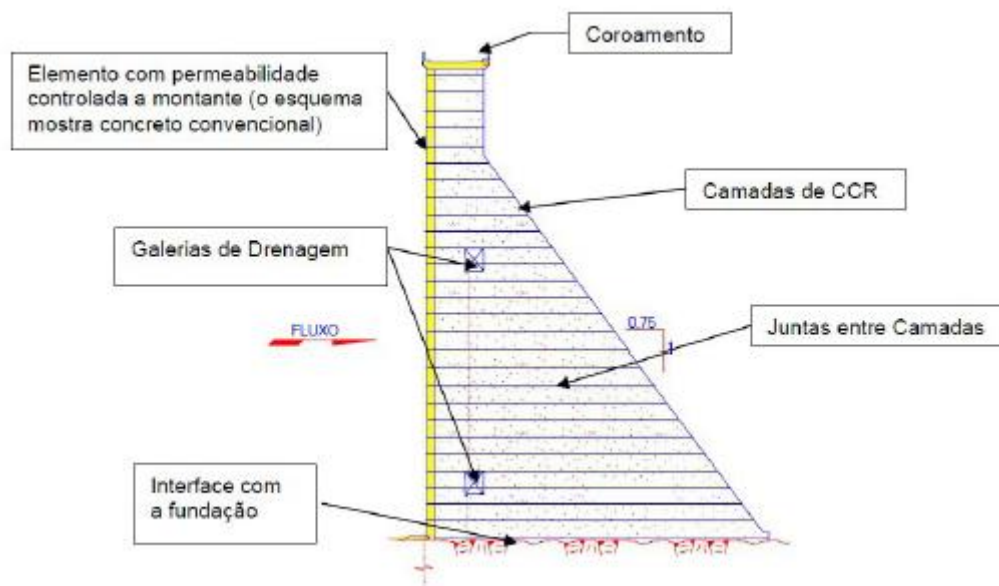


Fonte: Possan (2015).

2.1.3 Concreto compactado a rolo - CCR

Segundo Possan (2015), o concreto compactado com rolo tem baixo consumo de cimento e maior velocidade de arranjo, devendo ser empregado um método construtivo que proporcione elevada capacidade de produção e construção, reduzindo o prazo de finalização da obra, comparando com o concreto convencional, assim gerando redução de custos. Esse concreto tem o fator água/cimento reduzido, sendo produzido em centrais de mistura contínua, transportado e lançado por caminhões, geralmente basculantes, e espalhado por meio de tratores de esteira e adensamento com rolos compactadores em camadas preferencialmente de 30 cm, na Figura 5 mostra a seção transversal de uma barragem de CCR, que pode ser observado as várias camadas.

Figura 5 - Seção transversal de uma barragem de CCR.



Fonte: Marques , (2005).

Para a aplicação do CCR na construção de barragens, realiza-se algumas etapas de execução, como são descritos por Marques (2005):

- Transporte do concreto: executado por caminhões basculantes ou utilização de correias transportadoras;
- Espalhamento: utilizando tratores de esteiras cujas lâminas colocam o concreto na posição final e acertam a espessura para compactação.

- Compactação: utilizando rolos compactadores vibratórios e uso de formas das faces de montante e jusante executados na solução temporariamente fixas e manuseadas por empilhadeiras ou guindaste leves.
- Execução de paramentos de montante e jusante em concreto convencional.

2.2 Patologias

O termo patologia utilizado na área da construção civil, remete ao mesmo significado que é usado na medicina, o estudo das doenças, onde busca-se a analogia das construções com o ser humano, podendo ser aplicada na área da engenharia. Onde compreende-se como manifestações patológicas, as alterações identificadas na estrutura, podendo ser gerada durante a execução da obra, tanto por métodos construtivos e/ou materiais inadequados, como também na elaboração dos projetos e nos estudos de solo, bem como a utilização inadequada da construção (SENA *et al.*, 2020).

Segundo Weimer (2018), o termo patologia tem-se uma analogia com a área da medicina, além do estudo e da identificação das causas desses defeitos, há outros termos que podem ser empregados em edificações, como mostrado no Quadro 1:

Quadro 1- Termos empregados na área da construção civil.

Profilaxia	Consiste num conjunto de procedimentos que devem ser tomadas evitando uma manifestação patológica e a sua propagação.
Diagnóstico	Classifica o problema, ou seja, identifica a causa, histórico, mecanismo responsável pela manifestação patológica
Prognóstico	Prever a evolução da manifestação patológica, com relação ao diagnóstico e manutenção.
Terapia	Tratamento da anomalia
Anamnese	São as informações obtidas sobre o início e desenvolvimento de uma manifestação patológica, lembrando os fatos que podem estar relacionados ao problema.

Fonte: Adaptado de Weimer (2018).

Segundo Souza e Ripper (1998), as manifestações patológicas possuem dois segmentos, as patologias complexas e as simples:

Patologias simples: São facilmente observadas e não precisa de especialização aprofundada no assunto, já tem uma padronização para identificar as causas e soluções;

Patologias complexas: Exige uma análise mais elaborada, onde o diagnóstico difere das demais manifestações patológicas, precisando de um estudo mais detalhado e aprofundado do caso.

2.2.1 Manifestações patológicas em barragens

As manifestações patológicas nas estruturas de concreto podem ser analisadas por meio de inspeção visual ou instrumento específicos, onde é um procedimento importante para verificação da segurança das barragens, sendo possível identificar deteriorações existentes e estudar o melhor procedimento para manutenção ou recuperação da estrutura, assim obtendo maior confiabilidade das estruturas. Mas os resultados da vistoria são dados qualitativos, tornando-se importante a instrumentação para averiguar a real resistência da estrutura (LAPA, 2008).

De acordo com a Resolução ANA 742/2011, anomalia é “qualquer deficiência, irregularidade, anormalidade ou deformação que possa vir a afetar a segurança da barragem, tanto a curto como em longo prazo”. A anomalia pode afetar diretamente o comportamento da estrutura, e as barragens são estruturas que devem ter estabilidade e estanqueidade na medida do possível.

2.2.1.1 Fissuras e trincas

As fissuras podem desenvolver-se ao longo dos elementos estruturais parcialmente ou completamente, não há separação clara e indiscutível entre fissuras e trincas, apenas que aberturas das fissuras são menores, onde as trincas e fissuras podem surgir na fase plástica em virtude da retração e assentamento plástico, e na fase do endurecimento devido à movimentação térmica, retração precoce e assentamento diferencial, detalhamento inadequado, ausência de cuidados indispensáveis na construção, cargas excessivas, ataques de sulfatos ao concreto e a corrosão de armaduras (LAPA, 2008).

A deterioração por fissuras evidencia-se com a fratura do concreto, dividindo a peça estrutural, internamente ou externamente, em duas ou mais partes. Ressalta-se que a abertura de fissuras facilita a ação de agentes patológicos. De modo geral, a fissuração origina-se de causas variadas podendo atuar sozinhas ou em conjunto, como a ação de alguns mecanismos, como movimentos internos do concreto (retração por secagem, expansão ou contração térmica e reações químicas) e condições externas (WEIMER, 2018).

As barragens de concreto devem resistir às pressões hidrostáticas provenientes do reservatório, sendo que a água, em determinados casos, pode adentrar na fissura ou junta de construção, provocando deslizamento ou tombamento de elementos da barragem (POSSAN, 2015).

2.2.1.2 Lixiviação

Consiste na dissolução progressiva de compostos facilmente solúveis da pasta de cimento endurecido que podem ser lavados pela passagem contínua da água, verificando-se perda de material. Manifestações visíveis dessas patologias são as eflorescências (manchas brancas pontuais ou lineares), ocasionadas pela lixiviação do hidróxido de cálcio do cimento que, em contato com o gás carbônico do ar, carbonata pela percolação de água através dos poros, fissuras ou juntas do concreto. Ressalta-se ainda que a coloração das eflorescências pode ser proveniente da corrosão do aço da armadura ou de carreamento de matéria orgânica ou argila (LAPA, 2008).

2.2.1.3 Corrosão da armadura

O processo provocado pela interação entre o material e o meio ambiente, ocasiona uma reação química ou eletroquímica, seja relacionada à ação física ou mecânica, levará à destruição do material em questão. Na armadura de concreto, esse problema se manifesta por manchas superficiais, fissuras, queda do revestimento de concreto das ferragens e diminuição da qualidade da armadura, levando a redução da seção transversal de seus componentes. A corrosão ocorre quando o concreto é suficientemente permeável, permitindo que os íons penetrem nas barras de aço, e esses íons iniciam o processo de corrosão junto com a água e o oxigênio (SOARES, 2015).

2.2.1.4 Infiltração

Essa patologia está relacionada com o nível de água do reservatório, com a temperatura do meio. Onde o fluxo de água existente na estrutura pode se dar através de juntas de dilatação, fissuras ou aberturas. As principais causas dessas ocorrências são fissuração, juntas e tubulações ineficientes e mal vedadas, além de concreto deteriorado (BERTOLINI, 2010).

2.2.1.5 Abrasão e cavitação

A abrasão é um processo que causa o desgaste da superfície do concreto, através da passagem dos fluidos que contêm partículas finas suspensas, influenciado dependendo da superficial e a dureza do concreto, onde o uso de agregados graúdos mais resistentes e o aumento da resistência à compressão, tem fator relevante à abrasão. Enquanto a abrasão é o desgaste pelo líquido, a cavitação é a degradação da superfície do concreto causada pela implosão de bolhas de vapor de água, ocasionada quando a velocidade ou direção do escoamento sofre uma mudança brusca (ANDRADE, 1992 *apud* LAPA, 2008).

2.2.1.6 Desalinhamentos e deslocamentos diferenciais

Trata-se de movimentações na estrutura em relação a sua posição original. Esses deslocamentos podem ser do tipo desalinhamento, devido a variação em relação à configuração estrutural original, como deslocamentos diferenciais relacionado a movimentações em relações às partes adjacentes. Fenômenos esses relacionados com recalques de fundações, dilatação térmica, subpressões, reações químicas e solicitações externas. O desalinhamento pode ocasionar quebra de equipamentos e estruturas, além de fissuras estruturais (ANA, 2013).

2.2.1.7 Deterioração química

A reação química que leva à degradação do concreto pode ser o resultado de uma interação química entre o agente de corrosão no ambiente externo e os componentes da pasta de cimento, ou pode ser causada por uma reação interna (como uma reação alcalina agregada) ou pode ser uma reação interna causada. Se o teor de CaO e MgO cristalino no cimento Portland for muito alto, a reação de hidratação será retardada ou as barras de aço do concreto sofrerão corrosão eletroquímica. Ressalta-se que as reações químicas se manifestam por defeitos físicos no concreto, como aumento da porosidade e permeabilidade, diminuição da resistência, fissuração e lascamento (DNIT, 2006). Nas barragens, esse efeito é diferente do deslocamento, pois os vãos na cumeeira são fechados e os componentes mecânicos (travas, grades, etc.) são bloqueados ou deslocados.

2.2.2 Inspeção

Segundo Bertolini (2010), a inspeção é indispensável para o diagnóstico do estado de conservação das construções, tendo a capacidade de investigação da estabilidade e segurança da estrutura, além disso, a previsão da vida útil e possíveis projetos de manutenção. Para se fazer uma análise são necessárias avaliações preliminares, baseadas na coleta das informações

disponíveis na obra e na inspeção visual, bem como a busca sobre dados históricos da construção, como métodos construtivos, materiais utilizados, informações dos primeiros casos de degradação e períodos de manutenção, esses dados podem ser úteis para a especificação das possíveis causas das manifestações patológicas, onde as primeiras hipóteses podem ser criadas e investigadas se possível. Vale ressaltar que as informações sobre a obra são capazes de não serem verídicas, pois os projetos podem ter diferença da realidade.

De acordo com BERTOLINI (2010), “Às vezes, o simples período de construção, além de ser necessário para especificar o tempo decorrido desde a construção da obra, pode dar algumas indicações sobre a qualidade da própria obra”. Tendo a necessidade de verificar a qualidade dos métodos construtivos desenvolvidos, e o tempo decorrido em cada etapa, sempre obedecendo os critérios em relação ao desempenho estrutural.

Inspeção visual é fundamental para a avaliação de uma estrutura, onde permite determinar as condições das estruturas e causas, mas a observação visual pode ser limitada, onde possibilita apenas a visualização externa, sendo difícil a investigação interna e a obtenção de informações das propriedades dos materiais, podendo ser utilizado aparelhos que façam a função para a determinada questão. A inspeção determina o tipo e a dimensão do dano, verificando a frequência que essa manifestação se repete e sua posição na área da estrutura, bem como ambiente e as condições. E comparando os acontecimentos observados na obra, com as informações sobre a estrutura e o ambiente, deve ter a confirmação de uma ou mais hipóteses elaboradas sobre as causas da degradação, permitindo a avaliação da gravidade, definindo os procedimentos úteis para chegar a um diagnóstico correto (BERTOLINI, 2010).

2.2.3 Manutenção

Manutenção é entendida como um conjunto de operações e procedimentos necessários para que um determinado ativo significativo continue a cumprir suas funções projetadas. De acordo com a ABNT NBR 5462/94 (que envolve a definição de termos relacionados à confiabilidade e manutenibilidade), a manutenção pode ser definida como uma combinação de medidas técnicas, administrativas e de supervisão de um determinado projeto para manter ou substituir o projeto, execute a função necessária. Para barragens, a manutenção é um aspecto importante da segurança estrutural, pois a ocorrência de fenômenos anormais pode levar a falhas e acidentes graves, incluindo danos materiais e pessoais.

No intuito de reduzir custos de reparos e recuperações, as manutenções podem ser classificadas em preditiva, preventiva e corretiva, de acordo com a gravidade do problema (ICOLD, 2005).

Manutenção preditiva trata-se de uma espécie de manutenção, que visa localizar falhas em equipamentos e estruturas e indicar as reais condições de funcionamento dos instrumentos, monitoramento de dados e inspeções in loco. A manutenção preditiva da barragem é realizada com base nos equipamentos utilizados para monitoramento de dados e inspeções in loco para avaliação do desgaste, degradação e vida útil da estrutura para metas futuras e execução de planos de compensação de avarias. Isso contribui principalmente para a segurança e economia de custos (ICOLD, 2005).

Manutenção preventiva inclui procedimentos técnicos elaborados para evitar problemas que possam afetar o funcionamento de equipamentos e estruturas a partir de intervenções planejadas. Já no caso de barragens, baseia-se em informações de manutenção preditiva, ou seja, refere-se a um plano de ação executado regularmente para garantir a estabilidade estrutural (LAPA, 2008).

A NBR 5462/1994 define manutenção corretiva como a manutenção realizada após uma falha, que visa substituir itens durante o desempenho das funções exigidas. Refere-se à correção de falhas em equipamentos e estruturas para o pleno desempenho das funções que lhes são atribuídas. Esta é a forma mais séria de manutenção, pois os prejuízos causados por sua execução se refletem em ações urgentes ou planejadas que exigem muito custo, tempo e investimento.

2.3 Política nacional de segurança de barragens (PNSB)

Tendo em vista a importância da segurança das barragens, criou-se a Lei Federal nº 12.334, em setembro de 2010, estabelecendo que manter as condições de integridade estrutural, operacional e a preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente, faz parte da segurança de barragens (art. 2º, inciso II).

As barragens que a Lei nº 12.334/2010 contempla, tem os seguintes requisitos:

- Altura $\geq 15\text{m}$ ou volume $\geq 3 \text{ hm}^3$ ou contenha resíduos perigosos ou Dano Potencial Associado (DPA) Médio ou Alto, mas todas devem ser cadastradas na PNSB.
- Todas as barragens enquadradas na PNSB devem ter Plano de Segurança (PSB), e todas as barragens com Dano Potencial Alto (DPA) devem ter Plano de Ação de Emergência (PAE).

A PNSB tem como objetivo observar os parâmetros de segurança e regulamentação, assim promovendo o monitoramento pelos os órgãos fiscalizadores do Brasil, com o intuito de diminuir a possibilidade de acidentes e incidentes, garantindo a segurança.

O plano de segurança de barragem (PSB) faz parte da PNSB, sendo obrigatório para o empreendedor, onde abrange os dados técnicos da barragem, como sua construção e todas as interferências e inspeções, o PSB também é um instrumento para implantação de projetos de manutenção, gerenciamento, gestão e monitoramento das barragens, que se enquadram na lei 12.334/2010 (ANA, 2020)

A barragem Passagem das Traíras tem como responsável a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH), entretanto a fiscalização de operação e vistoria é prioridade do Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN) e pela Agência Nacional das Águas (ANA), mediante as medidas da Lei nº 12.334/2010.

A Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020, faz algumas modificações e atualiza alguns aspectos da Lei nº 12.334/2010, ainda em fase implantação por meios dos órgãos fiscalizadores.

2.3.1 Relatório de Segurança de Barragens (RSB)

Os Relatórios de Segurança de Barragens (RSB) é um instrumento da PNSB, elaborado anualmente pela Agência Nacional de Águas (ANA), que é enviado para o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) para avaliação, e posteriormente para o Congresso Nacional, onde pode ter acesso a recursos para as manutenção ou recuperação das barragens. O RSB tem o intuito determinar o estado de conservação e segurança da estrutura das barragens, geralmente verificada por meio da observação dos problemas que ela apresenta, as manifestações patológicas, indicado pela magnitude das anomalias observadas, o RSB também é importante para conscientizar a sociedade o quanto é relevante o assunto segurança de barragens, mostrando os relatos dos acidentes e incidentes anuais das barragens cadastradas no PNSB do país (ANA,2020).

O RSB aborda os acidentes e incidentes, como as principais causas e consequências, e com descrição do acontecimento e demais informações que julguem necessárias. De acordo com o art. 2 da Resolução CNRH nº 144/2012, define-se acidente como o comprometimento da integridade estrutural com liberação incontrollável do conteúdo de um reservatório ocasionado pelo colapso parcial ou total da barragem ou de estrutura anexa e o incidente

como qualquer ocorrência que afete o comportamento da barragem ou estrutura anexa, caso não seja controlada, pode causar um acidente.

A definição de acidente é a integridade estrutural é danificada pela liberação de conteúdo incontrolável do reservatório devido ao colapso parcial ou total da barragem ou estrutura auxiliar, e um acidente se refere a qualquer evento que afeta o desempenho da barragem ou estrutura auxiliar, se não for controlado, pode causar um acidente (ANA, 2020).

2.4 Rompimento de barragens no Brasil

Essas estruturas podem aumentar a exposição da sociedade a níveis de riscos considerados relevantes, acidentes com barragens geralmente geram grandes problemas sociais e econômicos e prováveis perdas de vidas. Alguns dos casos mais recentes de rompimentos de barragens que tiveram bastante repercussão devido os grandes prejuízos causados, são da Barragem de Rejeitos de Fundão no Complexo de Germano operada pela Samarco Mineração, localizada no município de Mariana – MG (FREITAS, 2019).

O ANA 2016, relata o que ocorreu no município de Mariana/MG - no dia 05 de novembro de 2015, como um acidente de barragem de grandes proporções, que resultou em 20 vítimas, entre mortos e desaparecidos. Ocorreram imensos impactos ambientais, sociais e econômicos na bacia do Rio Doce, atingindo 35 cidades no estado de Minas Gerais e 03 no Espírito Santo. Alguns dos danos provocados pela lama, foi a morte de mais de 11 toneladas de peixes, ameaçou a extinção de algumas espécies, tendo um impacto na fauna, flora, áreas marítimas e de conservação, além de causar prejuízos ao patrimônio, a atividades pesqueira, agropecuária, turismo e lazer na região (ANA, 2016).

O acidente mais grave ocorrido no Brasil e mais recente é o Brumadinho (MG), que ocorreu em 25 de janeiro de 2019, o rompimento da Barragem I da mina Córrego do Feijão, resultou em 270 vítimas fatais e mais de 40 mil pessoas afetadas. Para este episódio, a Agência Nacional de Mineração (ANM), órgão fiscalizador das barragens de rejeitos de mineração, faz um relato no RSB sobre a tragédia (ANA, 2020).

Conforme o ANA (2020), houve aumento na quantidade de barragens que preocupam os órgãos fiscalizadores, sendo que 26 deles apontaram para um total de 156 barragens críticas em 22 estados – no Relatório de Segurança de Barragens 2018 foram elencadas 68 barragens críticas, ou seja, aconteceu um aumento de 129% nesse quesito. Para essa constatação, o método mais utilizado pelas entidades fiscalizadoras foi a verificação in loco do estado de conservação das barragens.

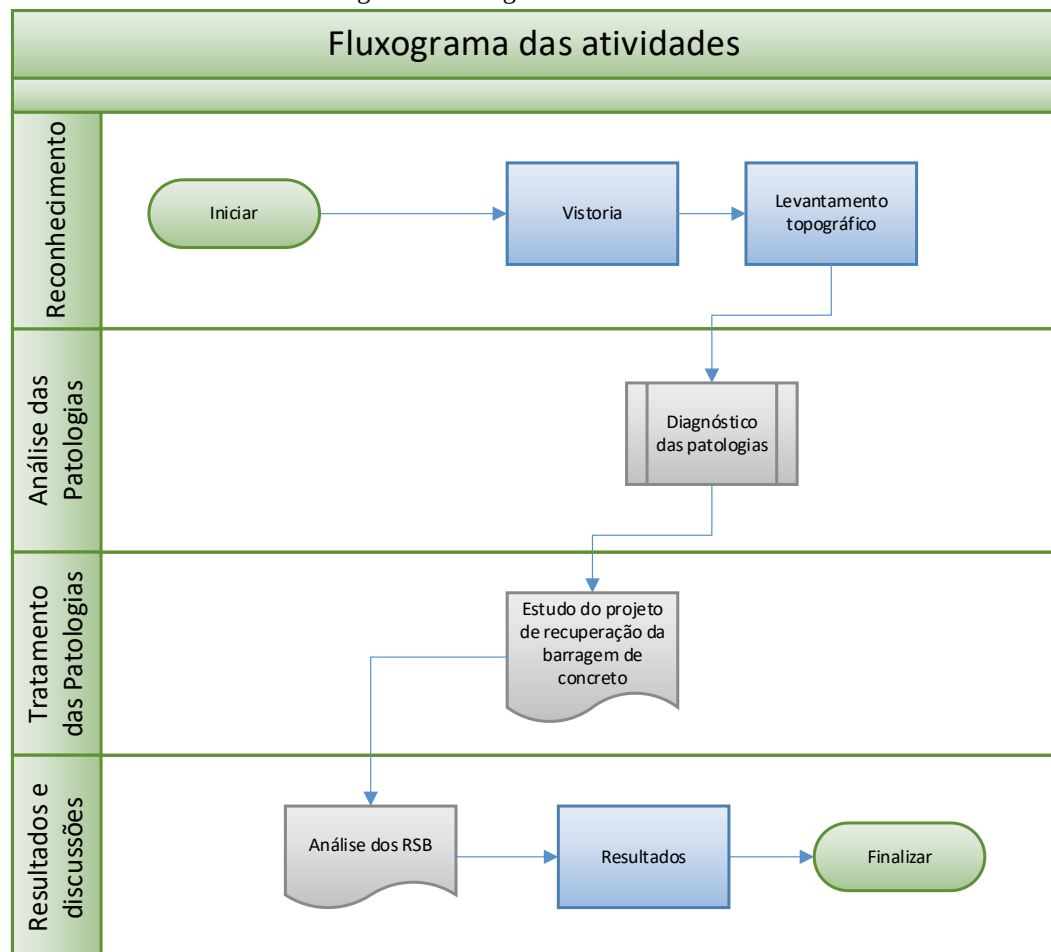
3. METODOLOGIA

Neste trabalho, foi realizado uma pesquisa qualitativa com a abordagem de estudo de caso, constituído de coleta de dados e análise, de caráter exploratório, com descrições empíricas do objeto específico, baseando-se nos dados em estudo (CAUCHICK, 2009).

A pesquisa teve como ponto de partida a investigação e a identificação dos elementos que compõem a problemática a ser esclarecida, através de uma análise preliminar, mediante a consulta de outros trabalhos e publicações em geral sobre o assunto em questão. Posteriormente, foi realizada a inspeção em campo, que permitiu a obtenção de dados para o reconhecimento do tema abordado, em seguida começou a análise dos dados com o intuito obter os resultados e conclusões pertinentes (SANTOS, 2011).

Para o entendimento de como foi realizado a pesquisa, o fluxograma na Figura 6, apresenta o desenvolvimento do trabalho em etapas.

Figura 6- Fluxograma das atividades.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 8 - Barragem Passagem das Traíras



Fonte: Autoria própria (2021).

3.2 Vistoria

Etapa de reconhecimento, onde buscou-se identificar as manifestações patológicas da barragem Passagem das Traíras.

3.2.1 Materiais utilizados

A vistoria foi realizada de maneira segura, com o uso dos equipamentos de proteção individual (EPI), onde foi utilizado capacete, botas, roupas adequadas e uso de protetor solar. Para a vistoria foi utilizado fita métrica de 5 m, prancheta com o modelo da ficha técnica de inspeção de barragem de concreto, atualizada em 06/04/2020 e disponibilizada no site da Agência Nacional das águas (ANA), caneta esferográfica e um smartphone com câmera de 64 MP para registro fotográfico.

3.2.2 Método utilizado

A coleta de dados foi elaborada por meio de visita em campo, baseada na coleta de informações disponíveis na obra e inspeção, fazendo o uso de registros fotográficos, que

constitui parte dos recursos técnicos do trabalho, sendo realizada por todo o corpo da barragem, como a ombreira esquerda, vertedouro, galeria e fundação, verificando tanto paramento jusante como montante. Em decorrência da demolição da ombreira direita, não foi possível sua vistoria, apenas acesso a rocha que a mesma era ancorada.

O método utilizado para a realização da inspeção da barragem de concreto, foi adquirido pelo manual de inspeção de barragens, que é um material disponibilizado para inspeção de barragens de terra e concreto, e que deve ser preenchido pelos órgãos fiscalizadores, na ficha técnica, possui explicações sobre a maneira que deve ser feito o preenchimento em relação as anomalias.

O formulário possui siglas para cada situação, servindo para verificar o estado da barragem em relação ao aspecto inspecionado, têm várias tabelas, e cada uma é relacionada a um componente da barragem de concreto, devendo ser preenchido com x nas colunas de situação e magnitude da manifestação patológica, facilitando no momento da inspeção.

Na coluna NP deve ser preenchido com números, de 0 a 3, sendo referente ao Nível de Perigo que a anomalia apresenta para a segurança da barragem, possuindo em cada tabela o local destinado a comentários.

Os procedimentos realizados em cada componente estrutural da barragem de concreto foram os seguintes:

- Na crista a vistoria foi realizada caminhando sobre a estrutura, em forma de zigue-zague, e as anomalias vistas eram anotadas na ficha de inspeção e fotografadas, procurou-se por fissuras no concreto, juntas de dilatação danificadas, deterioração do concreto, movimentação entre blocos e ferragem expostas;
- Já as anomalias nos paramentos de jusante e montante da barragem, foram detectadas percorrendo a jusante e montante da barragem, observando e fazendo registros fotográficos das anomalias encontradas, procurando por sinais de fuga d'água, fissuras no concreto, umidade, manchas, vegetação, eflorescência, deterioração do concreto e juntas de dilatação danificadas;
- Na galeria da barragem de concreto buscou-se por deterioração do concreto, fuga d'água por fissuras ou juntas e drenos obstruídos;
- No vertedouro procurou-se por deterioração do concreto, cavitação e erosão, depois foi analisado os componentes metálicos, verificando funcionalidade e qualidade do material, observando corrosão, cavitação, desgaste, fragmentação e perda de revestimento de proteção;

- Nas ombreiras e nas margens do reservatório, verificando deslizamentos ou indícios, fissuras, escarpas, abaulamentos, árvores inclinadas, dolinas e subsidências, vegetação de raízes profundas próximas à barragem;
- Nas áreas à jusante da barragem, procurou-se por percolações ou indícios, vegetação mais verde (especialmente em áreas de vegetação escassa) ou fluxos de água;
- Danos ou problemas nos equipamentos de medição, réguas ilegíveis, danos ou deslocamento das réguas.

3.3 Levantamento topográfico

O levantamento topográfico foi uma das etapas de reconhecimento de informações, junto a vistoria.

3.3.1 Materiais utilizados

Os materiais utilizados no levantamento topográfico, foi o Trimble R8s - receptor GNSS com 440 canais, o *software* Topografh, o *software* Autocad® 2017 e uso de equipamentos de proteção individual – EPI

3.3.2 Método utilizado

O levantamento topográfico foi realizado com os materiais citados. O equipamento tem um custo elevado, sendo capaz de obter informações de vários satélites, assim calculando as coordenadas de latitude, longitude e altitude, proporcionando resultados precisos, onde foi possível a utilização através de empréstimo do engenheiro da obra da recuperação da barragem.

Para o processamento dos dados foi utilizado um computador com o *software* Topografh, onde os pontos foram refinados, assim obtendo as curvas de nível e as devidas alterações de design. Posteriormente os dados foram abertos no *software* Autocad® 2017, para o tratamento dos dados obtidos, e assim foi viável a utilização dos pontos para obter um desenho real da barragem Passagem das Traíras, e revelando também o relevo em torno da barragem.

3.4 Diagnóstico das patologias

Para o entendimento das manifestações patológicas, foi necessário o levantamento dos dados, que trata de uma etapa de organização de informações. Nessa fase foi analisado os dados obtidos na vistoria do local e o levantamento topográfico, onde foi realizado o reconhecimento dos problemas, e a procura pelo diagnóstico, sendo exposto as possíveis hipóteses, em vista dos dados obtidos.

3.5 Análise dos Relatórios de Segurança de barragens

A análise dos Relatórios de Segurança de barragens-RSB, consistiu primeiramente em pesquisar os materiais técnicos disponíveis pela Agência Nacional de Águas e saneamento básico (ANA). Depois da obtenção desses dados, foi possível analisar e comparar os relatórios desenvolvidos desde o desenvolvimento da Lei nº 12.334/2010, verificando assim as anomalias observadas na barragem de concreto, ao longo dos anos, como também o desenvolvimento que ocorreu em relação a segurança de barragens.

3.6 Análise do projeto de recuperação da barragem de concreto

Primeiramente foi analisado os projetos de recuperação da barragem Passagem das Traíras, que foram disponibilizados pelo DNOCS e pela empresa contratada, RCA Construções LTDA, onde a análise foi desenvolvida relacionando as anomalias dos componentes estruturais da barragem com o projeto de recuperação, sendo possível verificar os processos construtivos e adequações encontradas para solucionar os problemas identificados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Essa etapa, foi iniciado com os resultados da vistoria e dados obtidos no levantamento topográfico. Posteriormente os diagnósticos das anomalias encontradas, tendo em seguida a análise do projeto de recuperação e dos relatórios de segurança de barragens.

4.1 Vistoria

Primeiramente a ficha de inspeção adotada possui algumas legendas, que estão indicadas no Quadro 2, mostrando a situação da barragem em relação ao item analisado.

Quadro 2 - Legenda de situações.

SITUAÇÃO:
NA – Este item Não é Aplicável
NE – Anomalia Não Existente
PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez
DS – Anomalia Desapareceu
DI – Anomalia Diminuiu
PC – Anomalia Permaneceu Constante
AU – Anomalia Aumentou
NI – Este item Não foi Inspecionado (Justificar)

Fonte: ANA, (2010).

O Quadro 3 tem as seguintes legendas para magnitude e o nível de perigo, que são preenchidos apenas quando a situação pertencer a esses tipos de situação PV, DI, PC e AU.

Quadro 3 - Legenda de magnitude e nível de perigo.

MAGNITUDE:	NÍVEL DE PERIGO DA ANOMALIA (NPA)
I - Insignificante	0 - Nenhum
P - Pequena	1- Atenção
M - Média	2- Alerta
G- Grande	3- Emergência

Fonte: ANA, (2010).

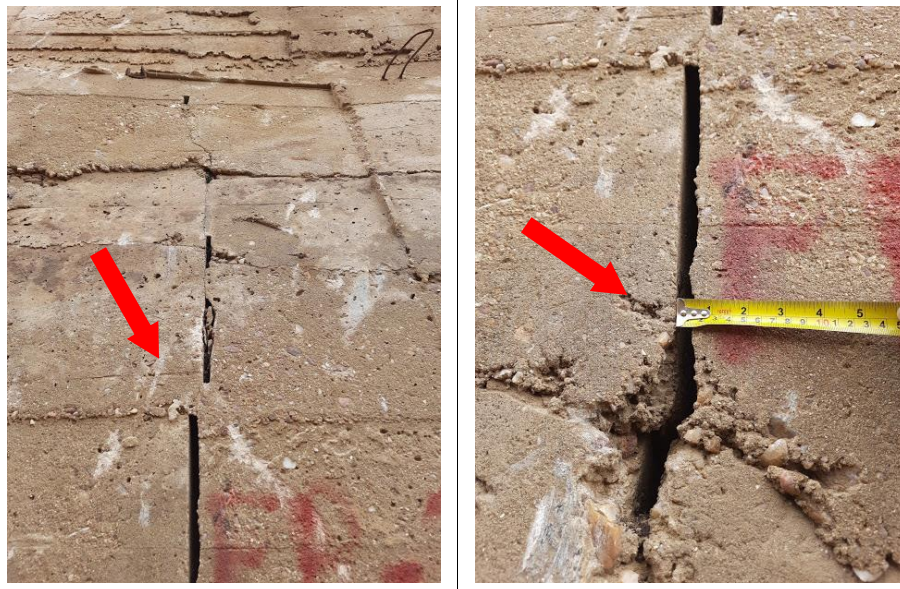
A definição da magnitude da anomalia visa tornar menos subjetiva a avaliação da escala do problema ou falha analisada, já para quantificar o nível de perigo causado pela anomalia, é indicado pela rapidez com que esta anomalia deve ser corrigida.

4.1.1 Paramento de montante

Na inspeção do paramento de montante foi possível notar algumas anomalias, como nas juntas de dilatação, elas não estavam danificadas, mas a maneira que deveriam trabalhar encontra-se equivocada, deveria ser retilínea no local pré-determinado, como mostra na Figura 9, onde foi observado que as mesmas não fazem a função de forma correta, além da profundidade das juntas, verificou-se o uso de materiais como madeirite e lonas plásticas que foram usadas no momento de concretagem para separação dos blocos, mas que deveriam ter sido retirados após a concretagem.

A parede tem fissuras irregulares, as juntas se comportam de maneira equivocada, tem juntas que são quase impercebíveis, devido a profundidade da junta no paramento e outras com aberturas bem visíveis e sem continuidade.

Figura 9- Detalhe de uma das juntas de dilatação a montante.



Fonte: Autoria própria (2021).

Na Figura 10, é observado algumas irregularidades no concreto de face no paramento, como também partes em alvenaria, que serviu como fôrmas, e a trincheira onde pode ser visto a rocha de fundação.

Figura 10- Detalhes do paramento de montante, irregularidades.



Fonte: Autoria própria (2021).

Na Figura 11, verifica-se restos de fôrmas da concretagem desde o tempo da sua construção.

Figura 11- Paramento montante, resto de fôrma no concreto de face.



Fonte: Autoria própria (2021).

Na área do vertedouro, o paramento de montante tinha vegetação nas trincas das juntas de dilatação, e indícios de infiltração devido as chuvas, como mostra na Figura 12.

Figura 12- Paramento de montante, área do vertedouro.

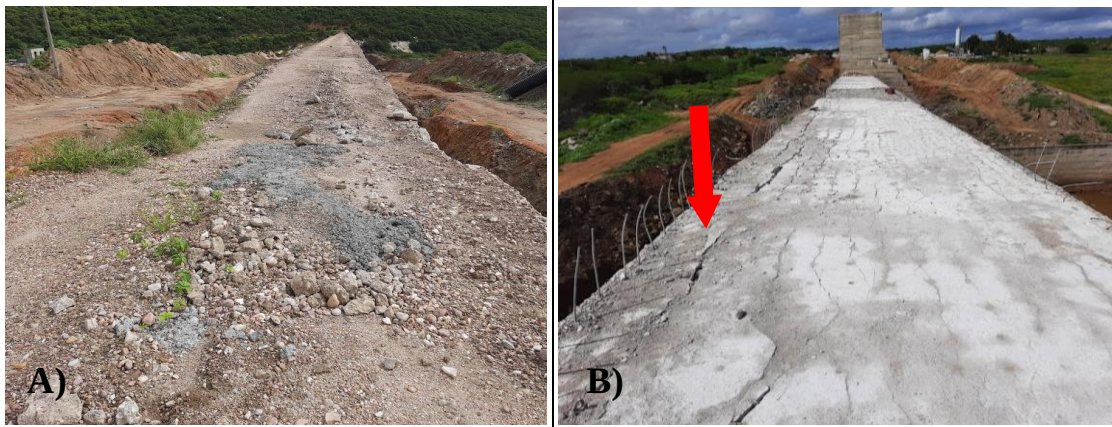


Fonte: Autoria própria (2021).

4.1.2 Coroamento

No coroamento da ombreira esquerda é notável a deterioração, muitas irregularidades e acúmulo de material da demolição, como também o surgimento de vegetação, sem guarda-corpo devido a recuperação da estrutura, e não possui iluminação nem juntas de dilatação. O coroamento do vertedouro apresenta muitas fissuras derivadas da demolição, onde foi utilizado método não invasivo para diminuir o impacto na estrutura, e são estruturas que serão removidas sem ocasionar danos, a Figura 13 mostra especificamente cada crista.

Figura 13- A) Coroamento da ombreira esquerda e B) coroamento do vertedouro.



Fonte: Autoria própria (2021).

4.1.3 Paramento de jusante

Na vistoria foi evidente a visualização da deterioração do paramento de jusante, não possuindo geometria definida, com fácil desagregação do paramento, como mostra na Figura 14. O paramento ainda não tinha sido escarificado, mas possuía várias irregularidades como é visto na Figura 15, com presença de vegetação, raízes e desagregação dos agregados graúdos.

Figura 14- Paramento de jusante, antes da escarificação.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Figura 15 - Paramento de jusante, presença de raízes, desfragmentação e irregularidades.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Na Figura 16, verifica-se a rocha da fundação da ombreira esquerda a jusante, certificando que a barragem foi construída sobre a rocha.

Figura 16- Fundação do paramento jusante.



Fonte: Autoria Própria (2021).

4.1.4 Galeria de inspeção

A galeria é desprovida de iluminação, contando apenas com luzes provisórias, colocadas devido a recuperação, mas a ausência de luzes no local dificulta a visualização do interior, fator necessário para uma inspeção de qualidade, além da verificação da existência de muitos morcegos, que podem ser transmissores de doenças. Algumas anomalias foram identificadas, como a presença de carbonatação antigas nas paredes e estalactites, Figura 17.

Figura 17- Galeria, parte entre vertedouro e ombreira esquerda.



Fonte: Autoria própria (2021).

A galeria tinha paredes internas feitas de alvenaria sem uso estrutural, como mostrado na Figura 18, sendo uma forma de ocultar as anomalias. A entrada não tem portão, facilitando a entrada de animais e pessoas, sendo perigoso devido ausência de ventilação.

Figura 18- A) Galeria saída do vertedouro e B) entrada pela ombreira esquerda.



Fonte: Autoria própria (2021).

4.1.5 Vertedouro

Na inspeção do vertedouro foi observado a presença de vegetação em alguns degraus, Figura 19, com presença de entulhos da demolição da crista do vertedouro e irregularidades. As camadas de CCR são facilmente percebíveis, e em muitos degraus é visível a falta de alinhamento, Figura 20, lixiviação mostrado na Figura 21 e diversas infiltrações na Figura 22, que aparenta coloração avermelhada, com indicativo de corrosão.

Figura 19- Vegetação nos degraus do vertedouro.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 20- Degraus do vertedouro, ausência de uniformidade.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 21 - Desgaste nos degraus do vertedouro.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 22- Infiltração e lixiviação.



Fonte: Autoria própria (2021).

Na Figura 23 verifica-se algumas fissuras na ombreira esquerda, devido a demolição da crista de perfil *creager* do vertedouro.

Figura 23 - Ligação do vertedouro com a ombreira esquerda.



Fonte: Autoria própria (2021).

4.1.6 Bacia de dissipação

A bacia de dissipação tinha muito entulho e uma quantidade significativa de solo, para obter acesso ao vertedouro, devido a obra de recuperação, na Figura 24, os muros laterais não tem estrutura retilínea, só presença de manchas ocasionadas devido o tempo e as chuvas.

Figura 24- Bacia de dissipação.



Fonte: Autoria própria (2021).

4.1.7 Componentes hidráulicos

A tomada d'água a montante, a tubulação de DN 500mm, está localizada na ombreira esquerda, encontra-se em estado de corrosão, descascamento e acumulação de entulhos, como mostra a Figura 25.

Figura 25- Tomada d'água DN 500mm.



Fonte: Autoria própria (2021).

Na Figura 26 é mostrado a descarga de fundo retirada da ombreira direita, também em estado de corrosão e muito danificada.

Figura 26- Descarga de fundo retirada.



Fonte: Autoria própria (2021).

4.2 Levantamento topográfico

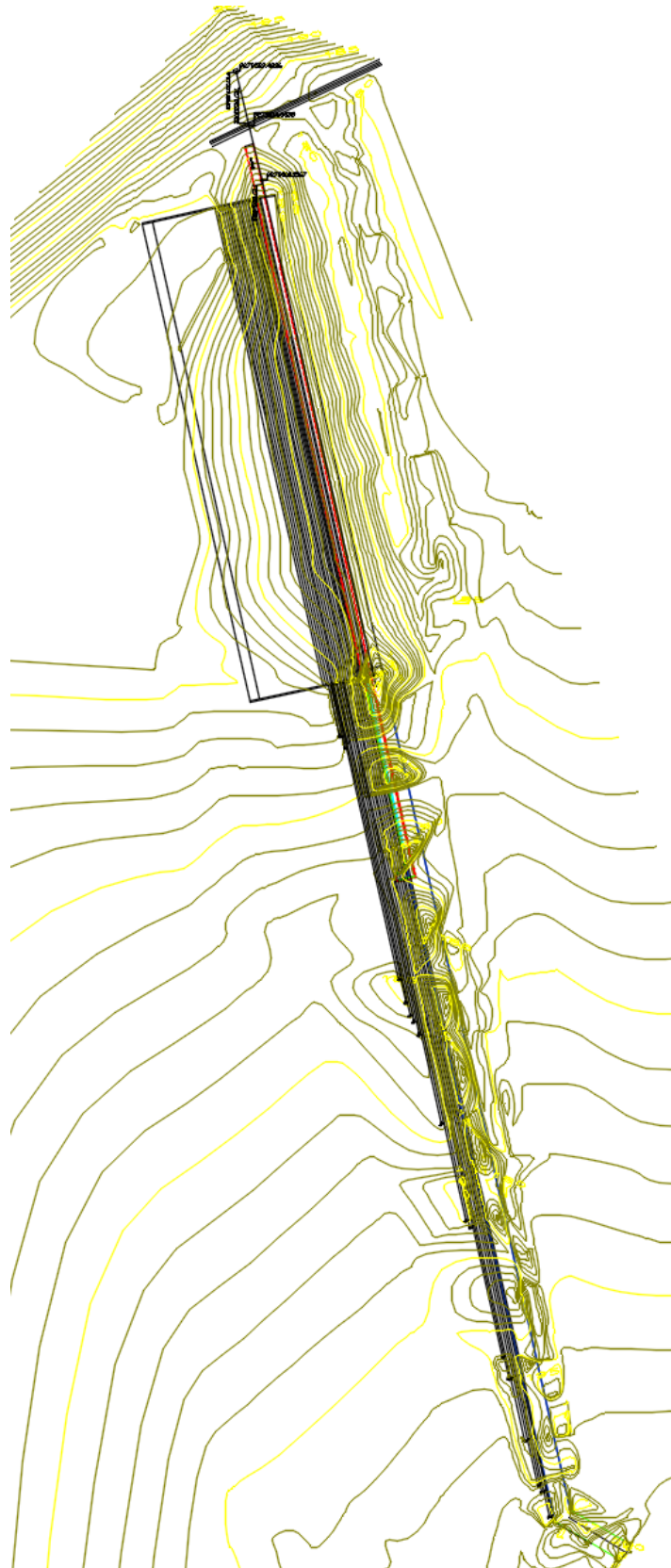
O levantamento topográfico é muito utilizado nas barragens, sendo uma maneira de monitorar essas estruturas, podendo ser aplicado periodicamente. Este foi o primeiro levantamento realizado pela autora, e por esse motivo não teve como verificar o monitoramento da estrutura da barragem Passagem das Traíras, então as medidas coletadas não tem comparativo com outras medições, não sendo possível verificação de deslocamentos ou o comportamento estrutural, mas é um mecanismo que pode ser aplicado, assim analisando a estabilidade da barragem, fazendo o controle em períodos pré-determinados.

Foi utilizado para verificar as dimensões da barragem em cotas, sendo possível analisar a geometria real, proporcionando o fácil entendimento e precisão nos dados, foi desenhada para entendimento dos componentes estruturais da mesma. Com a realização da topografia, foi possível fazer o realinhamento dos degraus da barragem, no paramento jusante, onde alguns degraus de fundação se comportavam de maneira equivocada.

A topografia mostra a real forma e medição geométrica da barragem, podendo ser observado na Figura 27, que a ombreira direita não está desenhada, devido a demolição, obtendo apenas cotas da fundação, evidenciando a real situação da rocha e relevo da região.

Os degraus de jusante da ombreira esquerda foram cotados próximo ao vertedouro, onde a geometria ainda era identificada, podendo assim fazer o alinhamento dos degraus, eliminando os defeitos de sua construção.

Figura 27- Barragem e relevo na área estudada.



Fonte: Autoria própria (2021).

4.3 Diagnóstico das patologias

A leitura dos relatórios de segurança e a inspeção visual, foram indispensáveis para a elaboração das hipóteses e analogias, baseando em observações empíricas e informações disponíveis da época da construção e vivência na área de estudo.

Pela análise, há algumas hipóteses para as manifestações patológicas identificadas, como a aplicação de processos construtivos inadequados, a maneira que o concreto foi compactado em camadas inadequadas, o traço de concreto com uso de materiais da região, como o seixo rolado, areia e água do rio, sem processos para adequação desses materiais, que influenciam em processos patológicos.

Paramento de jusante – É evidente a fragilidade do CCR, onde o mesmo se mostra deteriorando, sem geometria definida, devido à ausência do concreto de face, demonstrando fragilidade e desagregação dos seixos rolados e finos.

Figura 28- Paramento de jusante escarificado.



Fonte: Autoria própria (2021).

Galeria de inspeção – A maneira mais adequada para melhor análise da galeria, seria o detalhando na localização das juntas, para observar o comportamento, além de obter um diagnóstico das infiltrações que viesse a surgir, mas nas paredes não é visível a localização das juntas de dilatação. A galeria no momento não tem infiltrações devido a cota do nível da água do reservatório, mas existe indícios que houve infiltração no teto, podendo ser perceptível o surgimento de estalactites, o uso de paredes de alvenaria não tinha função, apenas

prejudicava a visualização das possíveis anomalias da estrutura, com a retirada da parede foi possível ver a deterioração das paredes internas.

Figura 29- Parede interna da galeria, que era revestida de alvenaria.



Fonte: Autoria própria (2021).

Paramento de montante - Devido a obra de recuperação da barragem, foi escavado trincheiras e, por esse motivo foi possível a verificação de anomalias e alguns aspectos construtivos na fundação do paramento a montante. É perceptível na Figura 30 algumas irregularidades que resultam em locais com potencial de percolação e vazamentos, contribuindo para processos de lixiviação e erosão. Alguns aspectos remete a utilização de pré-moldados e outros lugares pelo descuido com as fôrmas na concretagem, foi observado o estado de conservação, sendo evidente o uso de seixos rolados, mostrando rugosidade que pode facilitar fissuração e infiltração no paramento.

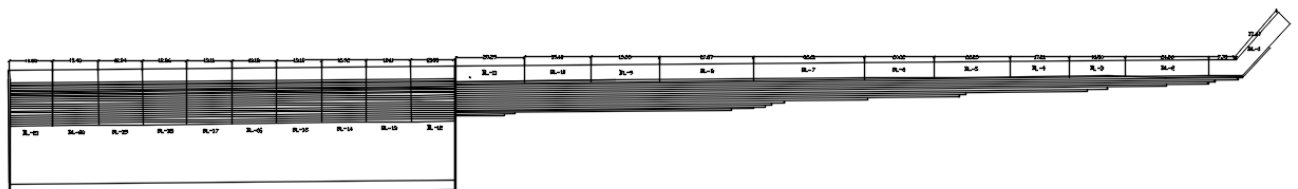
Figura 30- Irregularidades no paramento de montante.



Fonte: Autoria própria (2021).

As juntas do tipo *fungeband* apresenta eficácia reduzida, devido a maneira que foi empregada no paramento, facilitando infiltração no CCR. O paramento de montante na ombreira esquerda possui 10 juntas verticais, com distancia distintas que variam de 20 a 30 m de distância, e com muitas imperfeições, já o paramento de montante do vertedouro são 11 juntas verticais, com um distanciamento sem muita variação, entre 12 a 13 m de distância. A barragem conta com alguns mecanismos sendo utilizado como “auxiliar” da junta de dilatação, como o uso de madeirite e lonas plásticas.

Figura 31 - Junta *fungeband*.



Fonte: Autoria própria (2021).

4.3.1 Diagnóstico das técnicas construtivas

A obra foi executada em 1994, com o prazo de execução de 100 dias, mas o real prazo de conclusão se difere, assim não sabendo-se ao certo quantos meses durou. A barragem de concreto foi construída com vários déficits, tendo como principais, a ausência de injeção de impermeabilizante na fundação, falhas na drenagem interna, falta de resistência no paramento da jusante, devido à ausência do concreto de face, ineficiência das juntas de dilatação e ausência de galeria na ombreira direita.

Na Figura 32, é possível observar que o início da construção da barragem de concreto, começou pela ombreira direita, no leito do rio.

Figura 32- Barragem Passagem das Traíras, em fase de construção.



Fonte: Desconhecido (1994).

Na Figura 33, é verificado a maneira como era disposta as formas, onde eram feitas de madeirite e barrotes de madeira, com aproximadamente 1 m, sendo possível observar uma parte da ombreira esquerda, vertedouro e escavação da bacia de dissipação.

Figura 33 - Construção do barramento da barragem Passagem das Traíras.



Fonte: Desconhecido (1994).

A Figura 34 mostra um pouco da rocha e a montante placas que aparentam ser pré-moldados, valas e tubulações que seriam colocadas no interior da galeria - para drenagem interna.

Figura 34- Construção do vertedouro da barragem Passagem das Traíras.



Fonte: Desconhecido (1994).

Já a Figura 35 visualiza-se a ombreira direita, vertedouro e a cota mais alta da ombreira esquerda. Percebe-se que o paramento montante se mostra como uma viga (lado direito), e mesmo depois de 26 anos, apresenta uma aparência de resistência ao contrário do paramento de jusante.

Figura 35 - Concretagem da barragem Passagem das Traíras.



Fonte: Desconhecido (1994).

A Figura 36 mostra a finalização da compactação do concreto a rolo na ombreira direita e finalização do vertedouro já em fase de acabamento no perfil *creager*.

Figura 36 - Finalização do vertedouro.



Fonte: Desconhecido (1994).

4.4 Análise do projeto de recuperação da barragem Passagem das Traíras

O projeto de recuperação contempla todos os componentes da barragem Passagem das Traíras, onde as manifestações patológicas identificadas, comprovou a situação estrutural e a deterioração dos elementos, onde foi classificada como categoria 2, que consiste no nível de alerta, havendo a necessidade que as anomalias sejam resolvidas o mais rápido possível, ou devendo ser observada enquanto não se soluciona as falhas.

A recuperação da barragem de concreto, tem o intuito de eliminar todas as manifestações patológicas que a acometeu, permitindo o emprego de materiais de melhor qualidade e adicionar componentes ausentes desde a construção, assim permitindo garantir a segurança e funcionalidade da estrutura.

4.4.1 Ombreira direita

A maior preocupação do projeto de recuperação da barragem é a ombreira direita, devido aos indícios de desagregação da rocha da fundação, que possibilitaria um rompimento, devido as pressões elevadas que a água exerce nesse local e falta de resistência do paramento. Então, em janeiro de 2020, foi iniciado a demolição da ombreira direita. A Figura 37 mostra o projeto da ombreira direita, com a adição da galeria, consistindo na primeira etapa da recuperação, sendo feito uma fenda para evitar a acumulação de água e evitando o risco de rompimento, onde houve redução da capacidade de armazenamento, que era de aproximadamente 48 milhões de m³ para apenas 6% desse valor.

dos paramentos. Como será a última parte a ser feita, pode haver mudanças no projeto e em relação a parte dos componentes hidráulicos.

Figura 38- Seção do vertedouro.



Fonte: Autoria própria (2021).

Para a junção da nova ombreira direita com o vertedouro, o projeto visa o uso de perfil *jeene* série ômega, e duas juntas *fungband* na mesma junção, podendo haver mudança em relação ao uso da galeria para um dreno coletor de brita. Sendo também implantada tubos de aço galvanizado de Ø de 3”, com direção as valas da galeria

4.4.2 Ombreira esquerda

Na ombreira esquerda o projeto inicial era a retirada de 1 m de altura, mas o projeto executivo foi a retirada de 2 m, abrangendo toda sua extensão, sem diminuir a capacidade da barragem e promovendo segurança com a retirada de peso desnecessário, pois estudos comprovaram que a altura excessiva apresentava risco de esmagamento da estrutura pelo peso próprio em condição de cheia. O rebaixamento também tem a vantagem de reduzir as áreas de paramento que serão recuperadas.

A Figura 39 mostra como foi a demolição do coroamento da ombreira esquerda, e a Figura 40 mostra o coroamento depois da demolição. O mesmo ainda vai ser envelopado com concreto de face devidamente impermeabilizado e um novo sistema de guarda-corpos, similar os que existia.

Figura 39- Demolição da ombreira esquerda.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 40- Demolição de 2 m de CCR concluída.



Fonte: Autoria própria (2021).

4.4.3 Vertedouro

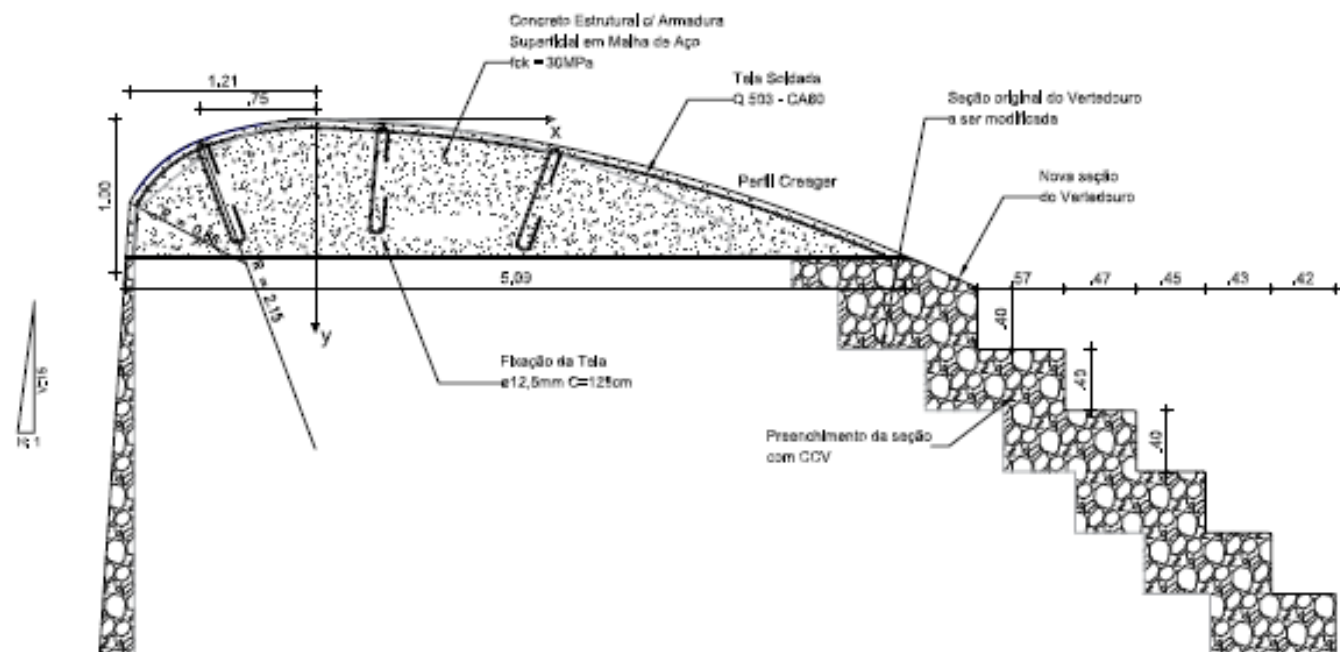
O vertedouro foi necessário a retirada de 90 cm do perfil *creager*, Figura 41, onde o mesmo será reconstruído adaptando a crista para escoar em cheia decamilenar. A Figura 42 mostra a maneira que será a nova crista, tendo também o envelopamento dos degraus a jusante do vertedouro, com uma camada de concreto de face de 40 cm de espessura de 30 Mpa.

Figura 41- Demolição da crista do perfil *creager* do vertedouro.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 42 - Projeto inicial da reconstrução da crista do perfil *creager* do vertedouro.



Fonte: (SEMARH,2019)

No momento a demolição da crista do perfil *creager* está sendo concluída, e já se iniciou o envelopamento dos degraus, os mesmos são apicoados, envelopados com concreto de 30 Mpa, na Figura 43 mostra o início do envelopamento.

Figura 43 - Envelopamento dos degraus do vertedouro.



Fonte: Autoria própria (2021).

4.5.3 Paramento de jusante

O paramento de jusante da ombreira esquerda é uma área que está bastante deteriorada, e será totalmente envelopada com concreto de face de 40 cm, tentando recuperar sua geometria original, e garantindo a estabilidade e estanqueidade do paramento. Para aderir o concreto novo com o antigo CCR, será colocado grampos de ancoragem de CA-50 com $\varnothing 12,5$ mm, com 60 cm de comprimento, sendo 40 cm de ancoragem, com espaçamento de 2,5 m e fixação com calda de cimento, colocam as formas para moldagem, e fazendo a limpeza da superfície do concreto com jato de água, e antes do concreto ser aplicado, é necessária uma ponte de aderência, que consiste numa calda de cimento com 10 % de metacaulin, que é aplicada e em seguida inicia-se a concretagem.

Devido as irregularidades encontradas na fundação do paramento de jusante, como pode ser vista na Figura 44, foi necessário a adequação do projeto que usaria CCV da fundação até o coroamento, havendo a substituição do CCV por concreto ciclópico, exceção feita apenas para fundação, devido o volume de concreto que iria gerar um acréscimo no consumo de cimento, e consequentemente, orçamentário.

Figura 44 - Paramento de jusante, degraus sem geometria.

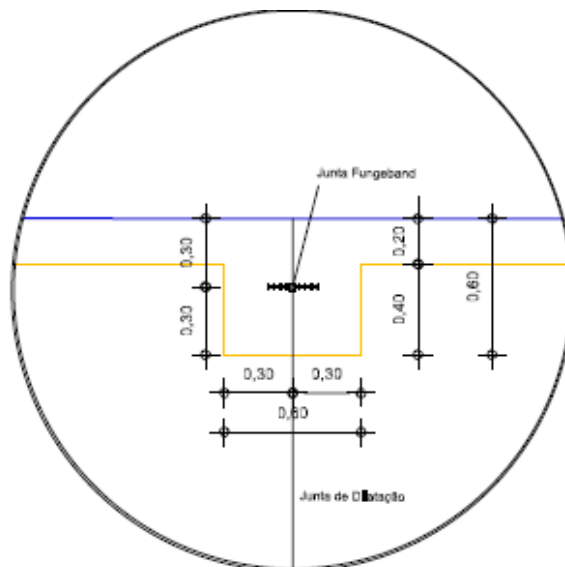


Fonte: Autoria própria (2021).

4.4.4 Paramento de montante

O projeto inicial passou por alguns ajustes para a realidade da obra, onde o paramento de montante não conseguiu ser demolido os 20 cm, devido ter apresentado resistência, onde foi elaborado novo projeto para apenas o envelopamento do paramento.

Figura 45 - Detalhe da junta *fungeband*.



Fonte: (SEMARH, 2019)

O Projeto previa a retirada das antigas juntas de dilatação *fungeband* para adicionar juntas novas, similares as antigas, como mostra no detalhe da Figura 45 para remoção da

junta, a linha azul indica a projeção da barragem e a amarela indica a demolição do paramento de montante. O projeto foi adequado por conta da logística da retirada de 20 cm do paramento, devido a resistência que foi enfrentada para essa demolição, o projeto se adequou para o recobrimento do paramento com concreto de face de 25 Mpa, com ancoragem, sendo realizada por meio de grampos de aço CA-50 com Ø12,5 mm e 70 cm de comprimento com dobra de 14 cm, contando com distanciamento de 1 m de altura e 2 m de largura, entre eles, foi utilizado espaçadores para a adequada fixação com calda de cimento, e na área dobrada foi feita a fixação da tela soldada Q-196, como mostrado na Figura 46 .

Figura 46- Fixação da tela e grampos de ancoragem.



Fonte: Autoria própria (2021).

4.4.5 Fundação

A barragem não possuía injeção de impermeabilizante na fundação, onde o erro vem sendo corrigido, com a aplicação de injeções de nata cimento, que inicialmente era de 2 em 2 m com profundidade de 14 m, pode ser observado no projeto da Figura 47, mas esse tipo de processo varia enquanto vai sendo realizado as sondagem e os valores obtidos nos ensaios de perda d'água, onde os parâmetros podem mudar dependendo do trecho e as fissuras da rocha, o resultado consiste numa cortina impermeabilizante, que garantirá mais estabilidade a barragem. O novo projeto de injeção já está sendo realizado, e muda com o decorrer da

4.4.6 Componentes hidráulicos

Na ombreira direita tem-se a descarga de fundo, que inicia com DN 800 mm, no lado montante e reduz para DN 800x500 mm na jusante, no qual tinha inserido um registro de gaveta e uma válvula de borboleta, ambos DN 500 m. Segundo os estudos realizados para a recuperação, a barragem demoraria 70 dias para esvaziamento, proporcionando um longo período para uma barragem em situação de alerta, que poderia ocasionar rompimentos em cheias eventuais.

Na ombreira esquerda, tem-se uma tomada d'água DN 500 mm, a da Figura 49, onde a jusante possui uma válvula borboleta, a mesma era acionada para controlar vazão, mas na função que exercia a mesma deveria possuir adiante uma válvula de gaveta.

Figura 49 - Tomada d'água DN 500 mm, danificada.



Fonte: Autoria própria (2021).

Os registros serão trocados por novos, com o registro gaveta antes da válvula de borboleta, assim facilitando os serviços de manutenção da válvula borboleta. A barragem não possui dispositivos de bloqueio de entrada nas tubulações, ou seja, ausência de comporta hidráulica, o projeto prevê a implantação de uma comporta hidráulica manual a montante, com dispositivo mecânico no topo da barragem.

4.4.7 Galeria

A galeria também será recuperada, onde a mesma possuía paredes internas construídas de alvenaria, onde foram demolidas e receberá a recuperação dos drenos existentes e adição, além de jateamento de cimento em toda sua extensão, devido à dificuldade do local, em relação as dimensões e insalubridade, o projeto de recuperação ainda será revisado para os métodos que serão empregados.

4.5 Análise dos Relatórios de Segurança de Barragem

O primeiro RSB foi desenvolvido em 2011, pela ANA com a cooperação dos órgãos fiscalizadores. O modelo inicial era simples e com poucas informações, que ao passar dos anos foi sendo aprimorado, composto das avaliações e acompanhamento da implementação da PNSB, servindo como ferramenta para analisar sua efetividade na redução de acidentes e na melhoria da gestão da segurança das barragens brasileiras.

No RSB 2016 a barragem apresentava problemas de segurança com relação a qualidade do concreto dos paramentos e da galeria de inspeção, além da necessidade de avaliar as condições das falhas e descontinuidade da ombreira direita, sendo próximo ao contato com o maciço, com o indicativo de concreto de péssima qualidade. No ano seguinte no RSB 2017, a barragem é indicada com algum comprometimento estrutural, havendo desagregação do concreto e descontinuidade no maciço rochoso na ombreira direita, a barragem começa a operar com restrição de sua capacidade, na cota 185 m.

Nos anos 2018 e 2019 os RSB apresentam as mesmas informações, relatando preocupação com a desagregação do concreto, e como medida preventiva a ANA restringe a operação da barragem, pedindo ação do empreendedor. No relatório de 2019 menciona o início da recuperação no mesmo, mas a mesma iniciou em janeiro de 2020, evidenciando algumas divergências de informação. A Tabela 1 resume todos os resultados de Categoria de Risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA), registrados sobre a barragem Passagem das Traíras nos RSB, onde é possível verificar desde 2016 apresenta altos índices, mostrando que a barragem possui problemas que requer intervenções rápidas.

Tabela 1- Resumo dos Resultados da barragem Passagem das Traíras

RSB	Órgão fiscalizador	CRI	DPA
RSB - 2016	IGARN	Alto	Alto
RSB - 2017	IGARN	Alto	Alto
RSB - 2018	IGARN	Alto	Alto
RSB - 2019	IGARN	Alto	Alto

Fonte: Adaptado, ANA (2016), ANA (2017), ANA (2018), ANA, (2019).

Para verificação do andamento da adesão ao longo dos anos da lei vigente, foi elaborado a Tabela 2, com a quantidade de barragens cadastradas desde o primeiro RSB até o último disponível, dados esses relacionados ao estado do Rio Grande do Norte, sendo capaz verificar o lento andamento do cadastramento das barragens.

Tabela 2 - Barragens cadastradas na planilha de dados dos RSB, no estado do RN.

Barragens cadastradas na Planilha de dados - RN	
RSB - 2011	62
RSB - 2012-2013	235
RSB - 2014	95
RSB - 2015	126
RSB - 2016	266
RSB - 2017	515
RSB - 2018	480
RSB - 2019	630

Fonte: Adaptado, ANA (2012), ANA (2013), ANA (2014), ANA (2015), ANA (2016), ANA (2017), ANA (2018), ANA (2019).

Em 2019 foram relatados 12 acidentes e 58 incidentes com barragens em 15 estados diferentes, resumindo a maior já registrada em relação aos RSB anteriores, sendo notável o número de barragens classificadas como alto, nos índices de CRI e DPA, também aumentando em relação ao relatório anterior, sendo uma situação que gera preocupação em relação a segurança das pessoas. O RSB de 2020 ainda não se encontra disponível, não obtendo uma comparação atualizada (RSB, 2019).

Um dos problemas relacionados ao monitoramento das barragens é a quantidade insuficiente de técnicos, mas sabendo-se que investir em segurança é algo de extrema necessidade, os órgãos continuam investindo em cursos capacitadores de segurança de barragens, com o intuito de abranger um número maior de profissionais da área. Também é preocupante a ausência de implantação de Plano de Ação Emergencial (PAE), afetando os exercícios simulados de situações de emergência, que não podem ser executados. A demora do lançamento dos dados também pode influenciar em informações que divergem do ano do RSB.

5. CONCLUSÕES

O trabalho teve a finalidade de mostrar as manifestações patológicas da barragem Passagem das Traíras, evidenciando a importância da segurança das barragens em relação aos danos que uma estrutura desse porte pode acarretar, como também por meio da análise dos RSB o desenvolvimento das patologias ao longo dos anos e os problemas identificados como frutos da falta de reparos, evidenciando a importância das manutenções.

Torna-se perceptível o quanto os órgãos fiscalizados ainda pecam em relação a segurança das barragens, em relação a falta de profissionais para realizar essas atividades de inspeção, devido a quantidade de barragens que o Brasil possui, necessitando de um quadro maior de pessoas para um correto monitoramento. Certificando que a Lei nº 12.334/2010 está em vigor há 10 anos e que muitas são as melhorias a serem implantadas, para um plano de ação mais efetivo.

As deteriorações existentes nas estruturas de concreto podem ser detectadas por meio da inspeção visual ou da instrumentação instalada. A inspeção visual é importante para a verificação da segurança das barragens, pois através dela é possível identificar as degenerações existentes e recomendar os procedimentos de manutenção e recuperação necessários para manter a integridade e segurança das estruturas. Os resultados da inspeção visual são apenas qualitativos, daí a importância da instrumentação.

Como era a primeira vistoria do autor, as situações escolhidas foram intituladas como NA, NE, PV e NI, mesmo com a análise dos relatórios poderia acarretar em erros, em relação as anomalias que aumentou ou diminuiu. A ficha técnica não utiliza mecanismo intuitivo, tornando difícil o preenchimento, onde apenas profissionais capacitados conseguem preencher de uma maneira eficaz e segura. Para uma correta análise deve-se ter as fichas técnicas e relatórios anteriores detalhados.

Mediante todos os dados analisados, conclui-se que a barragem tinha realmente a necessidade urgente dos reparos na estrutura, dessa forma diminuindo ou anulando os prejuízos socioeconômico e catastróficos. A recuperação em execução traz um alívio para a população a jusante, promovendo segurança e funcionalidade a barragem.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico-ANA. **Ficha de inspeção de segurança regular de barragem de concreto.** (Brasil). Disponível em: <<https://arquivos.ana.gov.br/cadastros/barragens/inspecao/ManualdePreenchimentodaFichadeCadastrodeBarragem.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2021

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico-ANA. **RELATÓRIO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS** - 2017. Brasília-DF, 2018. 81 p. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias/45-barragens-preocupam-orgaos-fiscalizadores-apontarelatorio-de-seguranca-de-barragens-elaborado-pela-ana/rsb-2017.pdf/view>>. Acesso em: 10 mai. 2021.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico-ANA. **RELATÓRIO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS** - 2019. Brasília-DF, 2020. 69 p. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2019/rsb19-v0.pdf/view>>. Acesso em: 10 mai. 2021.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico-ANA. **RELATÓRIO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS** - 2018. Brasília-DF, 2019. Disponível em: <<https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2018>>. Acesso em: 10 mai. 2021.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico-ANA. **RELATÓRIO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS** - 2011. Brasília-DF, 2012. Disponível em: <[snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2011](https://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2011)> Acesso em: 10 mai. 2021.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico-ANA. **RELATÓRIO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS** – 2012-2013. Brasília-DF, 2013. Disponível em: <<https://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2013>> Acesso em: 10 mai. 2021.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico-ANA. **RELATÓRIO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS** – 2014. Brasília-DF, 2015. Disponível em: <<https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2014>>. Acesso em: 10 mai. 2021.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico-ANA. **RELATÓRIO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS** – 2015. Brasília-DF, 2016. Disponível em: <<https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2015-1>> Acesso em: 10 mai. 2021.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico-ANA. **RELATÓRIO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS** – 2016. Brasília-DF, 2017. Disponível em: <<https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/anteriores/rsb-2016/rsb-2016>> Acesso em: 10 mai. 2021.

ANA. **Curso de Segurança de Barragens: Anomalias em Barragens.** Brasília – DF, 2013.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5462:
BERTOLINI, Luca. Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

ANDREETTA, Arthur Bucciarelli. **Avaliação comparativa dos marcos regulatórios estaduais de segurança de barragens de usos múltiplos do Brasil**. 2020. 395 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/202720>>. Acesso em: 20 mai.2021.

BRASIL. Lei nº 144, de 10 de julho de 2012. Estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. Disponível em: <https://www.snish.gov.br/portal/snish/Entenda_Mais/legislacao-aplicada/resolucao-cnrh-144-2012.pdf/view>. Acesso em: 02 mai. 2021.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm>. Acesso em: 02 mai. 2021.

BRASIL. Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.066-de-30-de-setembro-de-2020-280529982>>. Acesso em 10 mai. 2021.

CAUCHICK, Paulo. **Metodologia Científica para Engenharia**. Brasil: Gen-Ltc, 2009. 280 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT **090/2006 – ES: Patologias do concreto** – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2006. 10 p. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit_090_2006_es.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2021.

Freitas, Carlos Machado de et al. Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva. **Cadernos de Saúde Pública [online]**.2019. v. 35, n. 5. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-311X00052519>>. Acesso em: 5 mar. 2021.

IBRACON, 39., 2011, São Paulo. **Tecnologia do concreto no projeto e construção de usinas hidrelétricas brasileiras**. São Paulo: Ibracon, 2011. 124 p. Disponível em: <http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_63.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2021.

ICOLD. Risk assessment in dam safety management: a reconnaissance of benefits, methods and current applications. Bulletin 130. Paris, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (org.). **Cidades e estado**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/sao-jose-do-serido>. Acesso em: 15 fev. 2021.

LAPA, José Silva. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Belo Horizonte, 2008.

MARQUES FILHO, J. **Maciços experimentais de laboratório de concreto compactado com rolo aplicado às barragens**. 2005. Tese (doutorado em engenharia). Programa de Pós-graduação em engenharia civil. 287p. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/25436/000751653.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 18 mai. 2021.

POSSAN, Edna. **CURSO SEGURANÇA DE BARRAGENS: barragens de concreto**. São Paulo: Book, 2015.

RIO GRANDE DO NORTE. Acquatool Consultoria. Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH (org.). **ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO/MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS** -Contrato nº 009/2018: volume I - Memorial descritivo e de cálculo. Rio Grande do Norte, Mar. de 2019. 74 p.

RIO GRANDE DO NORTE. Acquatool Consultoria. Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH (org.). **ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO/MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS** -Contrato nº 009/2018: volume III- Projeto de reforma e recuperação de equipamentos hidromecânicos. Volume VI- especificação técnica e orçamento. Rio Grande do Norte, Set. de 2019. 122 p.

SANTOS, J.A.; FILHO, D.P. **METODOLOGIA CIENTÍFICA**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2011.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E DE RECURSOS HÍDRICOS - SEMARH. **ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO/MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS**. Rio Grande do Norte, 2019. Disponível em: <<https://www.dnocs.gov.br/~apoena/php/util/downloads.php>>. Acesso em: 31 mar. 2021.

SENA, Gildeon Oliveira de et al. **Patologia das Construções**. Salvador/ba: 2B Educação, 2020. p. 1-23.

SOARES, Arthur P. F.; VASCONCELOS, Livia T.; NASCIMENTO, Felipe B. C. **Corrosão em armaduras de concreto**: Cadernos de Graduação - Ciências exatas e tecnológicas. Maceió, 2015.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO**. São Paulo: Pini, 1998. 262 p.

Stephens, Tim. **Manual sobre pequenas barragens de terra**. 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-ba0081o.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2021.

WEIMER, Bianca Funk; THOMAS, Mauricio; DRESCH, Fernanda. **Patologia das estruturas**. Porto Alegre: Sagah, 2018. Acesso em: 10 Mar. 2021.

ANEXO A – Ficha técnica para barragens de concreto

A.	INFRAESTRUTURA OPERACIONAL	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
1	Falta de documentação sobre a barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Falta de material para manutenção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Falta de treinamento do pessoal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Precariedade de acesso de veículos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falta de energia elétrica	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Falta de sistema de comunicação eficiente	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Falta ou deficiência de cercas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Falta ou deficiência nas placas de aviso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Falta de acompanhamento da Adm. Regional	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Falta de instrução dos equipamentos hidromecânicos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														
B.	BARRAGEM													
B.1	PARAMENTO DE MONTANTE	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
1	Presença de vegetação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Ocorrência de fissuras no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Deterioração da superfície do concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Juntas de dilatação danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														
B.2	CRISTA	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
1	Movimentos diferenciais entre blocos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Ocorrência de fissuras no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Deterioração da superfície do concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Juntas de dilatação danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Corrosão no parapeito (guarda-corpo)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Corrosão nos postes de iluminação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Corrosão no pórtico	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														
B.3	PARAMENTO DE JUSANTE	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
1	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		P	M	G	
2	Ocorrência de fissuras no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		P	M	G	
3	Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		P	M	G	
4	Deterioração da superfície do concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		P	M	G	
5	Juntas de dilatação danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		P	M	G	
6	Sinais de percolação ou áreas úmidas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		P	M	G	
7	Carreamento de material na água dos drenos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		P	M	G	

8	Vazão nos drenos de controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
Comentários:													

B.4	ESTRUTURA VERTENTE	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
1	Rachaduras ou trincas no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Deterioração da superfície do concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Descascamento da estrutura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Juntas de dilatação danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Sinais de deslocamentos das estruturas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Sinais de percolação ou áreas úmidas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Carreamento de material na água dos drenos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Vazão nos drenos de controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Rachaduras nos muros laterais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Erosão nos muros laterais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
12	Deterioração da superfície do concreto dos muros	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
13	Ocorrência de buracos na soleira	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
14	Presença de entulho na bacia de dissipação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
15	Presença de vegetação na bacia de dissipação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
16	Erosão na base dos canais (área de restituição)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	

Comentários:

B.5	GALERIA DE INSPEÇÃO	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
1	Indicação de movimentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Deterioração da superfície do concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Surgências de água no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Rachaduras ou trincas no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Deterioração do portão de acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Acesso precário aos instrumentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Deterioração da instrumentação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Piezômetros entupidos ou defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Drenos obstruídos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Precariedade de acesso à galeria	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
12	Falta de manutenção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
13	Falta de iluminação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
14	Defeito nas instalações elétricas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
15	Falta de ventilação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
16	Presença de pedras, lixo dentro da galeria	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
17	Sinais de percolação ou áreas úmidas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
18	Carreamento de material na água dos drenos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
19	Vazão nos drenos de controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
20	Vazão elevada nos drenos de alívio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	

Comentários:

C.3		COMPORTAS DO VERTEDOIRO			SITUAÇÃO							MAGNITUDE			NP	
1	Peças fixas (corrosão, amassamento da guia e falha na pintura)				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
2	Estrutura (corrosão, amassamento e falha na pintura)				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
3	Defeito das vedações (vazamento)				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
4	Defeito das rodas (comporta vagão)				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
5	Defeitos nos rolamentos, buchas e retentores.				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
6	Defeito no ponto de içamento				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
Comentários:																
C.4		MUROS LATERAIS			SITUAÇÃO							MAGNITUDE			NP	
1	Erosão na fundação				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
2	Erosão nos contatos dos muros				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
3	Rachaduras no concreto				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
4	Ferragem do concreto exposta				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
5	Deterioração da superfície do concreto				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
Comentários:																
C.5		RÁPIDO/BACIA AMORTECEDORA			SITUAÇÃO							MAGNITUDE		NP		
1	Rachaduras ou trincas no concreto				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
2	Ferragem do concreto exposta				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
3	Deterioração da superfície do concreto				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
4	Ocorrência de buracos na soleira				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
5	Erosão				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
6	Presença de entulho na bacia				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
7	Falha no enrocamento de proteção				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
8	Presença de vegetação na bacia				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
Comentários:																
D. D.I		TOMADA D'ÁGUA ACIONAMENTO			SITUAÇÃO							MAGNITUDE			NP	
1	Hastes (travada no mancai, corrosão e empenamento)				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
2	Base dos mancais (corrosão, falta de chumbadores)				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
3	Corrosão nos mancais				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
4	Falhas nos chumbadores, lubrificação e pintura do pedestal.				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
5	Falta de indicador de abertura				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
6	Falta de volante				NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
Comentários:																

D.2	COMPORTAS	SITUAÇÃO								MAGNITUDE			NP
1	Peças fixas (corrosão, amassamento, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
2	Estrutura da comporta (corrosão, amassamento, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
3	Defeito das vedações (vazamento)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
4	Defeito das rodas (comporta vagão, se aplicável)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
5	Defeitos nos rolamentos ou buchas e retentores	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
6	Defeito no ponto de içamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	

Comentários:

D.3	POÇO DO ACIONAMENTO	SITUAÇÃO								MAGNITUDE			NP
1	Falta de guarda corpo na escada de acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
2	Deterioração do guarda corpo na escada de acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
3	Deterioração da tampa de acesso ao abrigo	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
4	Deterioração da tubulação de aeração e "by-pass"	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	
5	Deterioração da instalação de controle (pedestal)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	P	M	G	

Comentários:

D.4	BOCA DE ENTRADA E "STOP-LOG"	SITUAÇÃO								MAGNITUDE			NP
1	Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G
2	Obstrução e entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G
3	Ferragem exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G
4	Deterioração na superfície do concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G
5	Falta de grade de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G
6	Defeitos na grade	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G
7	Peças fixas (corrosão, amassamento, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G
8	Estrutura do "stop-log" (idem)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G
9	Defeito no acionamento do "stop-log"	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G
10	Defeito no ponto de içamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G

Comentários:

D.5	GALERIA DA TOMADA D'ÁGUA	SITUAÇÃO								MAGNITUDE			NP
1	Corrosão e vazamentos na tubulação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G
2	Sinais de abrasão ou cavitação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G
3	Defeitos nas juntas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G
4	Deformação do conduto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G
5	Desalinhamento do conduto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G
6	Vazamento nos dispositivos de controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G

Comentários:

G	MEDIDOR DE VAZÃO	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
1	Ausência da placa medidora de vazão	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Corrosão da placa	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Defeitos no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Falta de escala de leitura de vazão	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Assoreamento da câmara de medição	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Erosão à jusante do medidor	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

J. OUTROS PROBLEMAS EXISTENTES
K. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES

