

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

JOÃO VITOR SALINAS

**ESTUDO DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS E DAS PATOLOGIAS DE AÇUDES
E BARRAGENS GEOTÉCNICAS DE PEQUENO PORTE**

**Alegrete-RS
2017**

JOÃO VITOR SALINAS

**ESTUDO DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS E DAS PATOLOGIAS DE AÇUDES
E BARRAGENS GEOTÉCNICAS DE PEQUENO PORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Wilber Chambi Tapahuasco

**Alegrete-RS
2017**


JOÃO VITOR SALINAS

**ESTUDO DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS E DAS PATOLOGIAS DE AÇUDES
E BARRAGENS GEOTÉCNICAS DE PEQUENO PORTE**

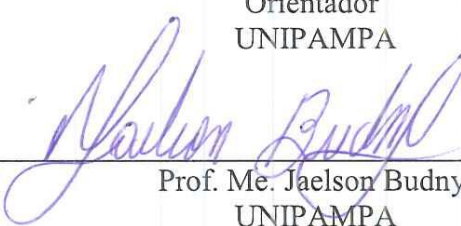
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em Engenharia
Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 26/06/2017.

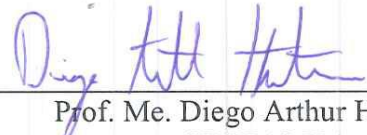
Banca examinadora:



Prof. Dr. Wilber Chambi Tapahuasco
Orientador
UNIPAMPA



Prof. Me. Jaelson Budny
UNIPAMPA



Prof. Me. Diego Arthur Hartmann
UNIPAMPA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Seções típicas de barragens homogêneas de terra.	16
Figura 2 - Seção típica de barragem zonada de terra.	17
Figura 3 - Equipamentos Agrícolas e Pesados de compactação.	19
Figura 4 – Mapa de localização dos barramentos estudados.	27
Figura 5 – Açude B-01.	27
Figura 6 – Açude B-02.	28
Figura 7 – Açude B-03.	28
Figura 8 – Açude B-04.	28
Figura 9 – Açude B-05.	29
Figura 10 – Açude B-06.	29
Figura 11 – Açude B-07.	29
Figura 12 – Açude B-08.	30
Figura 13 – Foto panorâmica a montante do barramento B-08.	31
Figura 14 – Foto do levantamento topográfico do barramento B-04.	32
Figura 15 – Croqui da seção transversal do barramento B-01.	33
Figura 16 – Croqui da seção transversal do barramento B-02.	33
Figura 17 – Croqui da seção transversal do barramento B-03.	34
Figura 18 – Croqui da seção transversal do barramento B-04.	34
Figura 19 – Croqui da seção transversal do barramento B-05.	35
Figura 20 – Croqui da seção transversal do barramento B-06.	35
Figura 21 – Croqui da seção transversal do barramento B-07.	36
Figura 22 – Croqui da seção transversal do barramento B-08.	36
Figura 23 – Erosão no talude a montante da propriedade B-01.	56
Figura 24 – Erosão no talude a montante da propriedade B-02.	56
Figura 25 – Erosão no talude a montante da propriedade B-03.	56
Figura 26 – Erosão no talude a montante da propriedade B-04.	57
Figura 27 – Erosão no talude a montante da propriedade B-05.	57
Figura 28 – Erosão no talude a montante da propriedade B-06.	57
Figura 29 – Rip-rap do talude a montante da propriedade B-01.	58
Figura 30 – Rip-rap do talude a montante da propriedade B-02.	58
Figura 31 – Rip-rap do talude a montante da propriedade B-04.	59
Figura 32 – Rip-rap do talude a montante da propriedade B-05.	59
Figura 33 – Rip-rap do talude a montante da propriedade B-06.	59
Figura 34 – Árvores e arbustos no talude a montante da propriedade B-04.	60
Figura 35 – Árvores e arbustos no talude a montante da propriedade B-05.	60
Figura 36 – Árvores e arbustos no talude a montante da propriedade B-06.	61
Figura 37 – Afundamentos e buracos no coroamento da propriedade B-02.	62
Figura 38 – Afundamentos e buracos no coroamento da propriedade B-06.	62
Figura 39 – Afundamentos e buracos no coroamento da propriedade B-08.	63
Figura 40 – Defeitos na drenagem do coroamento da propriedade B-01.	63
Figura 41 – Defeitos na drenagem do coroamento da propriedade B-08.	64
Figura 42 – Formigueiro no coroamento da propriedade B-02.	65
Figura 43 – Formigueiro no coroamento da propriedade B-03.	65
Figura 44 – Toca de animal no coroamento da propriedade B-04.	65
Figura 45 – Formigueiro no coroamento da propriedade B-05.	66
Figura 46 – Formigueiro no coroamento da propriedade B-06.	66
Figura 47 – Ameaça de transbordamento da propriedade B-01.	67
Figura 48 – Ameaça de transbordamento da propriedade B-02.	67

Figura 49 – Ameaça de transbordamento da propriedade B-03	68
Figura 50 – Ameaça de transbordamento da propriedade B-06	68
Figura 51 – Ameaça de transbordamento da propriedade B-07	68
Figura 52 – Erosão no talude a jusante da propriedade B-03	70
Figura 53 – Erosão no talude a jusante da propriedade B-04	70
Figura 54 – Erosão no talude a jusante da propriedade B-05	70
Figura 55 – Erosão no talude a jusante da propriedade B-07	71
Figura 56 – Erosão no talude a jusante da propriedade B-08	71
Figura 57 – Escorregamento no talude a jusante da propriedade B-07	72
Figura 58 – Escorregamento no talude a jusante da propriedade B-07	72
Figura 59 – Escorregamento no talude a jusante da propriedade B-08	72
Figura 60 – Falha proteção vegetal no talude a jusante da propriedade B-01	73
Figura 61 – Falha proteção vegetal no talude a jusante da propriedade B-03	73
Figura 62 – Falha proteção vegetal no talude a jusante da propriedade B-04	74
Figura 63 – Falha proteção vegetal no talude a jusante da propriedade B-05	74
Figura 64 – Falha proteção vegetal no talude a jusante da propriedade B-07	74
Figura 65 – Falha proteção vegetal no talude a jusante da propriedade B-08	75
Figura 66 – Falha proteção vegetal no talude a jusante da propriedade B-03	75
Figura 67 – Afundamento ou buracos no talude a jusante da propriedade B-08	76
Figura 68 – Árvores e arbustos no talude a jusante da propriedade B-02	76
Figura 69 – Árvores e arbustos no talude a jusante da propriedade B-04	77
Figura 70 – Árvores e arbustos no talude a jusante da propriedade B-05	77
Figura 71 – Formigueiro no talude a jusante da propriedade B-03	78
Figura 72 – Toca de animal no talude a jusante da propriedade B-04	78
Figura 73 – Toca de animal no talude a jusante da propriedade B-05	78
Figura 74 – Sinais de movimento no talude a jusante da propriedade B-05	79
Figura 75 – Sinais de movimento no talude a jusante da propriedade B-07	79
Figura 76 – Sinais de movimento no talude a jusante da propriedade B-08	80
Figura 77 – Fuga d'água e áreas úmidas no talude a jusante da propriedade B-01	80
Figura 78 – Área úmida no talude a jusante da propriedade B-05	81
Figura 79 – Fuga d'água e áreas úmidas no talude a jusante da propriedade B-07	81
Figura 80 – Fuga d'água e áreas úmidas no talude a jusante da propriedade B-08	81
Figura 81 – Fuga d'água na região a jusante da propriedade B-01	82
Figura 82 – Fuga d'água na região a jusante da propriedade B-02	83
Figura 83 – Fuga d'água na região a jusante da propriedade B-03	83
Figura 84 – Fuga d'água na região a jusante da propriedade B-04	83
Figura 85 – Fuga d'água na região a jusante da propriedade B-05	84
Figura 86 – Fuga d'água na região a jusante da propriedade B-06	84
Figura 87 – Fuga d'água na região a jusante da propriedade B-07	84
Figura 88 – Fuga d'água na região a jusante da propriedade B-08	85
Figura 89 – Erosão nas ombreias a jusante da propriedade B-07	85
Figura 90 – Árvores/Arbustos na região a jusante da propriedade B-05	86
Figura 91 – Obstruções ou entulho na região a jusante da propriedade B-03	88
Figura 92 – Obstruções ou entulho na região a jusante da propriedade B-05	88
Figura 93 – Erosões ou escorregamentos do vertedouro da propriedade B-07	89
Figura 94 – Erosões regressivas do vertedouro da propriedade B-05	89
Figura 95 – Erosões regressivas do vertedouro da propriedade B-07	90
Figura 96 – Erosões regressivas do vertedouro da propriedade B-08	90
Figura 97 – Aterro no vertedouro da propriedade B-01	91
Figura 98 – Cerca no vertedouro da propriedade B-02	91

Figura 99 – Aterro no vertedouro da propriedade B-03	91
Figura 100 – Construção irregular no vertedouro da propriedade B-04.....	92
Figura 101 – Aterro e vegetação no vertedouro da propriedade B-05	92
Figura 102 – Aterro e vegetação no vertedouro da propriedade B-06	92
Figura 103 – Aterro e vegetação no vertedouro da propriedade B-07	93
Figura 104 – Aterro no vertedouro da propriedade B-08	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação do potencial de risco.....	25
Quadro 2 – Respostas referentes à pergunta 01.....	37
Quadro 3 – Respostas referentes à pergunta 02.....	37
Quadro 4 – Respostas referentes à pergunta 03.....	37
Quadro 5 – Respostas referentes à pergunta 04.....	37
Quadro 6 – Respostas referentes à pergunta 05.....	37
Quadro 7 – Respostas referentes à pergunta 06.....	38
Quadro 8 – Respostas referentes à pergunta 07.....	38
Quadro 9 – Respostas referentes à pergunta 08.....	38
Quadro 10 – Respostas referentes à pergunta 09.....	38
Quadro 11 – Respostas referentes à pergunta 10.....	38
Quadro 12 – Respostas referentes à pergunta 11.....	39
Quadro 13 – Respostas referentes à pergunta 12.....	39
Quadro 14 – Respostas referentes à pergunta 13.....	39
Quadro 15 – Respostas referentes à pergunta 14.....	39
Quadro 16 – Respostas referentes à pergunta 15.....	40
Quadro 17 – Respostas referentes à pergunta 16.....	40
Quadro 18 – Respostas referentes à pergunta 17.....	40
Quadro 19 – Resultados do levantamento patológico dos taludes do montante	41
Quadro 20 – Resultados do levantamento patológico dos taludes do montante	41
Quadro 21 – Resultados do levantamento patológico dos coroamentos	42
Quadro 22 – Resultados do levantamento patológico dos coroamentos	42
Quadro 23 – Resultados do levantamento patológico dos taludes a jusante	43
Quadro 24 – Resultados do levantamento patológico dos taludes a jusante	43
Quadro 25 – Resultados do levantamento patológico dos taludes a jusante	44
Quadro 26 – Resultados do levantamento patológico da região a jusante	44
Quadro 27 – Resultados do levantamento patológico das instrumentações.....	45
Quadro 28 – Resultados do levantamento patológico das instrumentações.....	45
Quadro 29 – Resultados do levantamento patológico dos vertedouros.....	46
Quadro 30 – Resultados do levantamento patológico dos vertedouros.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Níveis de Periculosidade	23
Tabela 2 – Valores mínimos de períodos de retorno	23
Tabela 3 – Níveis de Vulnerabilidade	24
Tabela 4 – Níveis de Importância.....	25
Tabela 5 – Resultados dos níveis de Periculosidade	47
Tabela 6 – Resultados dos níveis de Vulnerabilidade	48
Tabela 7 – Resultados dos níveis de Vulnerabilidade	49
Tabela 8 – Resultados dos níveis de importância.....	50
Tabela 9 – Bordas livres dos barramentos.....	67
Tabela 9 – Resultados do grau de periculosidade por barramento	94
Tabela 10 – Resultados do grau de vulnerabilidade por barramento	94
Tabela 11 – Resultados do grau de importância por barramento	94

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Ano de construção dos barramentos em estudo	51
Gráfico 2 – Ano de construção dos barramentos em estudo	52
Gráfico 3 – Equipamentos utilizados nos serviços de terraplanagem	53
Gráfico 4 – Equipamentos utilizados nos serviços de compactação	54
Gráfico 5 – Anomalias presentes nos taludes a montante	55
Gráfico 6 – Anomalias presentes nos coroamentos	61
Gráfico 7 – Anomalias presentes nos taludes a jusante	69
Gráfico 8 – Anomalias presentes nas regiões a jusante	82
Gráfico 9 – Anomalias de instrumentação	86
Gráfico 10 – Anomalias presentes nos vertedouros	87
Gráfico 11 – Classificação do potencial de risco	95

RESUMO

Em muitas partes do Brasil, a agricultura necessita de uma grande demanda hídrica e os benefícios financeiros derivados do cultivo da terra são raramente suficientes para permitir a construção de estruturas de concreto armado caras e tecnologicamente avançadas, visando assim, o armazenamento de águas, como grandes tanques e barramentos de concreto. Portanto em virtude da facilidade de construção e custo, a alternativa normalmente empregada é a construção de barragens ou açudes de terra. A escolha adequada dos equipamentos utilizados para a construção e compactação do barramento é de extrema importância para a execução e segurança da obra, e muitas vezes devido a inexistência ou indisponibilidade ou então ao custo, em propriedades rurais nem sempre é possível construir os barramentos com equipamentos específicos, como rolos pé de carneiro e rolos lisos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é realizar o levantamento dos processos construtivos de alguns barramentos localizados no município de Alegrete/RS e região, bem como identificar as patologias presentes nos mesmos devido à falta de manutenção ou descuido. Para a realização deste trabalho primeiramente definiu-se os barramentos que se enquadravam nas dimensões mínimas requeridas e que o proprietário tivesse conhecimento do processo construtivo. Com base nisso foram analisados 8 barramentos, seguidamente, realizou-se o levantamento dos processos construtivos dos mesmos, além de inspeções e visitas de campo para identificação das possíveis patologias presentes nestes barramentos. O estudo apresentou como resultados diversas anomalias, porém as que se destacaram mais foram as de erosão na montante, áreas úmidas na região a jusante e vertedores com obstruções ou algum tipo de construção irregular. Além dos resultados patológicos, também foi observado que o conjunto trator com scraper foi o equipamento mais utilizado nos processos construtivos dos barramentos no município de Alegrete/RS e região. Dessa forma, este trabalho possibilitou registrar quais anomalias foram encontradas nos barramentos estudados e também qual o estágio em que elas se encontram, bem como o levantamento dos processos construtivos mais utilizados, fazendo com que estes estudos se tornem um memorial para trabalhos futuros.

ABSTRACT

In many parts of Brazil, agriculture requires a great deal of water demand and the financial benefits derived from the cultivation of land are seldom sufficient to allow the construction of expensive and technologically advanced reinforced concrete structures, thus seeking to store water as large Tanks and concrete buses. Therefore, due to the ease of construction and cost, the alternative usually employed is the construction of dams or dams. The proper choice of the equipment used for the construction and compaction of the bus is of extreme importance for the execution and safety of the work, and often due to inexistence or unavailability or at cost, in rural properties it is not always possible to build the buses with equipment Such as sheepskin rollers and plain rollers. Thus, the objective of this work is to survey the construction processes of some buses located in the city of Alegrete / RS and region, as well as identify the pathologies present in them due to lack of maintenance or carelessness. For the accomplishment of this work, the buses were first defined that fit the minimum dimensions required and that the owner had knowledge of the construction process. Based on this, 8 buses were analyzed, followed by a survey of their construction processes, as well as inspections and field visits to identify the possible pathologies present in these buses. The study presented several anomalies, but the ones that stood out most were erosion in the upstream, wetlands in the downstream region and spillways with obstructions or some type of irregular construction. In addition to the pathological results, it was also observed that the tractor unit with scraper was the most used equipment in the construction processes of the buses in the city of Alegrete / RS and region. Thus, this work made it possible to record which anomalies were found in the buses studied and also the stage in which they are found, as well as the survey of the most used construction processes, making these studies become a memorial for future works.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivos	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	15
1.2 Justificativa.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Barramentos geotécnicos.....	16
2.1.1 Barragens homogêneas	16
2.1.2 Barragens zonadas	17
2.2 Processo construtivo de barramentos em áreas rurais	18
2.2.1 Métodos de construção	18
2.2.2 Compactação do maciço.....	18
2.3 Patologias em açudes e barragens	19
2.4 Avaliação do potencial de risco.....	22
3 METODOLOGIA.....	26
3.1 Definição das áreas de estudo.....	26
3.2 Levantamento do processo histórico construtivo dos barramentos.....	30
3.3 Inspeções de campo e análises patológicas	31
3.4 Avaliação do potencial de risco.....	32
4 RESULTADOS	33
4.1 Caracterização das seções dos barramentos	33
4.2 Levantamento do processo histórico construtivo dos barramentos.....	36
4.3 Inspeções de campo e análises patológicas	40
4.4 Avaliação do potencial de risco.....	46
5 DISCUSSÕES E ANÁLISES DE RESULTADOS	51
5.1 Histórico e operacionalidade das barragens	51
5.2 Serviços de terraplanagem.....	52
5.3 Compactação dos barramentos	53
5.4 Patologias dos barramentos estudados	54
5.5 Avaliação do potencial de risco.....	93
6 CONCLUSÕES	96
REFERÊNCIAS	98

ANEXO A – Principais anomalias encontras em barramentos de terra	100
ANEXO C – Ficha para inspeção de barragem de terra.....	105

1 INTRODUÇÃO

Em muitas partes do Brasil, a agricultura necessita de uma grande demanda hídrica e os benefícios financeiros derivados do cultivo da terra são raramente suficientes para permitir a construção de estruturas de concreto armado caras e tecnologicamente avançadas, visando assim, o armazenamento de águas, como grandes tanques e barramentos de concreto. Portanto em virtude da facilidade de construção e custo, a alternativa normalmente empregada é a construção de barragens ou açudes de terra.

Conforme Matos et al. (2012), barragem é um elemento estrutural, construído transversalmente à direção de escoamento de um curso d'água, com a finalidade de acumular água ou elevar seu nível, podendo ser denominado açude quando dependente de águas pluviais e represas quando alimentada por águas provenientes de rios, riachos ou córregos.

O tipo mais utilizado no meio rural são as barragens de terra de pequeno porte, em virtude da facilidade de construção e custo. Segundo Carvalho (2008), um dos métodos mais empregados nas construções de barragens geotécnicas é o de terra compactada, sendo este, um processo pelo qual a construção do maciço é desenvolvida em diversas camadas, variando de 20 a 25 cm de espessura de terra adequadamente compactadas.

Devido a inexistência, indisponibilidade ou então ao custo, em propriedades rurais nem sempre é possível construir os barramentos com equipamentos específicos como rolos pé de carneiro e rolos lisos utilizados para compactação do maciço, geralmente esse processo é realizado pelas próprias máquinas disponíveis no local, como trator, scraper, trator de esteira e/ou retroescavadeira.

Outro aspecto muito importante no estudo de barramentos é a manutenção dos mesmos, ela é de extrema importância para a segurança durante a vida útil da obra e a falta desta ou descuido pode acarretar em futuros problemas patológicos que devem ser cuidadosamente estudados. Portanto o estudo deste trabalho, mostra-se relevante devido à importância no conhecimento do processo histórico construtivo e patologias das barragens ou açudes geotécnicos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Estudar os processos construtivos e as patologias dos barramentos de açudes e barragens geotécnicas de pequeno porte em áreas rurais.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Conhecer o histórico do processo construtivo de barragens e açudes na área rural do município de Alegrete/RS.
- Identificar as patologias presentes em alguns barramentos construídos na área rural do município de Alegrete/RS.
- Classificar o potencial de risco de alguns barramentos construídos na área rural do município de Alegrete/RS.

1.2 Justificativa

Segundo Matos et al. (2012), a construção de barragens geotécnicas de pequeno porte em propriedades agrícolas tem sido estimulada para possibilitar a obtenção do aumento na produtividade agrícola, podendo estas ter uma série de finalidades, destacando-se a irrigação, seguida por abastecimento da propriedade, piscicultura, entre outras finalidades.

O município de Alegrete/RS depende principalmente de atividade agrícolas, tendo como uma de suas principais finalidades o cultivo do arroz, que utiliza o método de solos alagados, demandando assim, o aproveitamento de recursos hídricos. Além do cultivo de arroz, a soja e dessedentação animal, também possuem demanda hídrica, tornando a construção de barragens e açudes de pequeno porte de extrema importância para as propriedades rurais.

Outro aspecto muito importante para justificar o estudo de barragens e açudes em Alegrete/RS é a questão de como está sendo realizada a manutenção destes barramentos, pois a mesma é de extrema importância para a segurança durante a vida útil da obra e a falta desta ou descuido pode acarretar em futuros problemas patológicos e até mesmo ao rompimento. Segundo o Jornal Alegrete Tudo (2016), houve 2 casos de rompimento de barragem no segundo semestre de 2016, um caso em 18 de outubro de 2016, nas proximidades da região do Cerro do dinheiro e o outro caso, ocorreu no dia 30 de dezembro de 2016 e está localizada na região da Várzea verde, onde este último rompimento deixou mais de 100 pessoas isoladas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Barramentos geotécnicos

Existem diversos tipos de barragens, sendo essas classificadas em função dos tipos de construção e materiais empregados, podendo estes variar de acordo com a finalidade e características da obra. Em áreas rurais, em virtude da facilidade de construção e custo, um dos tipos mais utilizados são as barragens geotécnicas de pequeno porte.

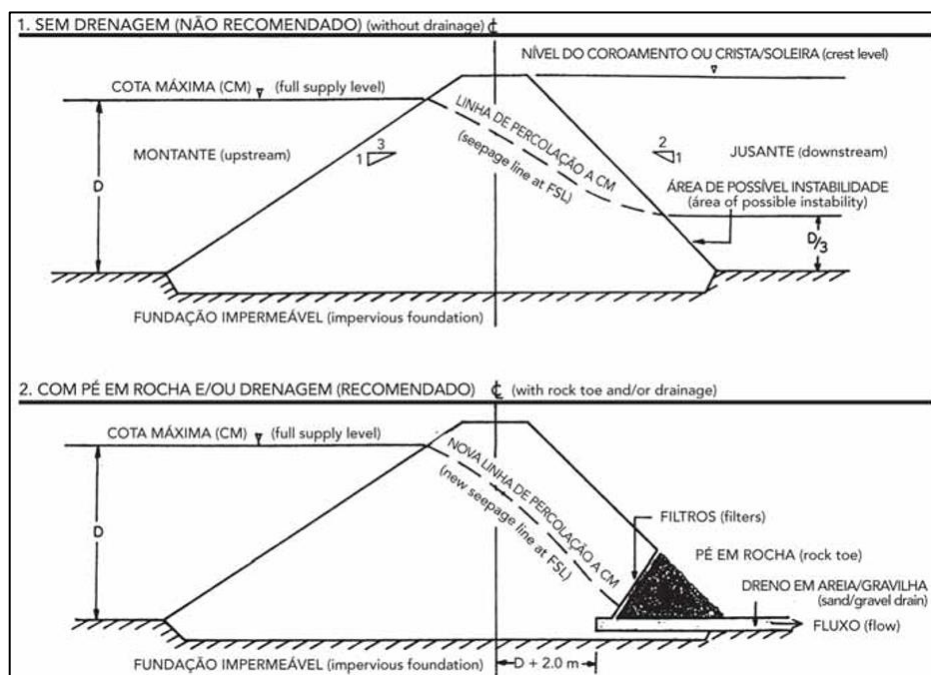
Segundo Carvalho (2008), as barragens geotécnicas nada mais são que muros de retenção de água suficientemente impermeáveis, construído de terra e materiais rochosos locais, segundo misturas e proporções adequadas. São mais apropriadas para locais onde a topografia se apresente suavemente ondulada e onde existam áreas de empréstimo de materiais argilosos/arenosos suficientes para a construção do maciço compactado.

De acordo com Costa (2012), as barragens de terra podem ser divididas em dois grupos, que são: homogêneas e zonadas, que são as mais utilizadas e cujo mecanismo é de amplo conhecimento na literatura especializada.

2.1.1 Barragens homogêneas

As barragens que tem suas seções típicas representadas na Figura 1, são consideradas homogênea, devido a predominância de um único material em sua composição, embora possam ocorrer a presença de elementos diversificados como filtros, rip-rap, etc.

Figura 1 - Seções típicas de barragens homogêneas de terra.



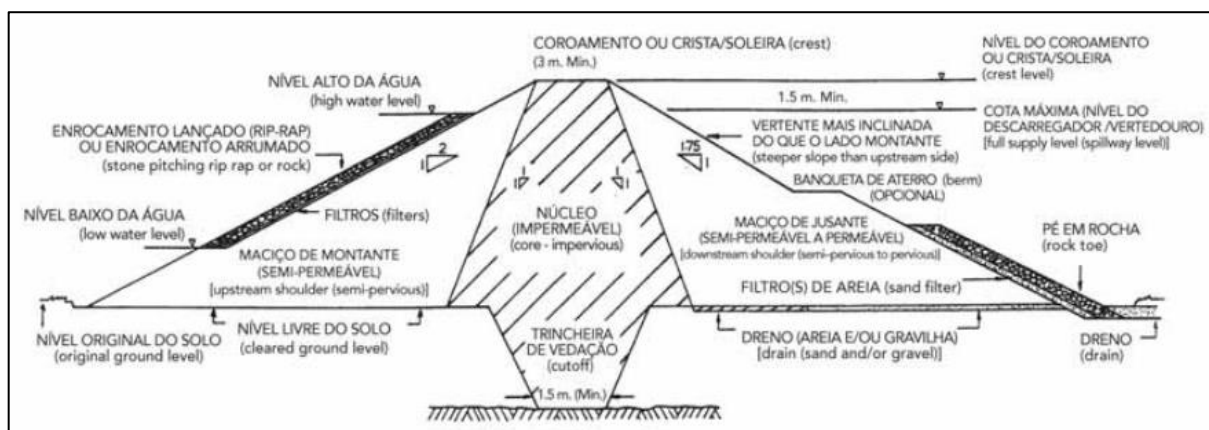
Fonte: Etephens (2011, p.14).

Para Etephens (2011), este tipo de barragem homogênea, devido à alta pressão nos poros no interior do aterro e a ocorrência de percolação poderão ser um problema, especialmente para reservatórios com um nível alto ou com rápidas flutuações de nível de água por longos períodos de tempo. Barragens homogêneas deverão ter taludes relativamente planos (1:3 a montante e 1:2 a jusante) como segurança contra possível instabilidade.

2.1.2 Barragens zonadas

As barragens zonadas, que tem sua seção típica representadas na Figura 2, possuem em sua seção um zoneamento de materiais terrosos em função de suas características de materiais e/ou permeabilidade, tendo geralmente um núcleo de material impermeável e duas zonas externas, em geral construídas com materiais mais permeáveis e mais resistentes aos deslizamentos.

Figura 2 - Seção típica de barragem zonada de terra.



Fonte: Etephens (2011, p.14).

Segundo Carvalho (2008), quando o material disponível não é bom, ou ainda, havendo uma camada arenosa permeável no leito do local, é imprescindível a construção de um núcleo central impermeável, composto por areia, cascalho e argila, com predominância desta última, formando um bloco semelhante ao concreto.

Conforme Etephens (2011), o barramento com seção zonada é uma das melhores alternativas, particularmente para barragens maiores que facilmente permitem a utilização de maquinaria de construção. Com este tipo de barragem, possíveis perigos de infiltração são reduzidos ao mínimo. Comparando com as barragens homogêneas os taludes, no entanto, podem ser reduzidos para à volta de 1:2 a montante e 1:1,75 a jusante e o material escavado na construção do núcleo pode ser utilizado no aterro, economizando assim em terraplanagens.

2.2 Processo construtivo de barramentos em áreas rurais

2.2.1 Métodos de construção

De acordo com Carvalho (2008), com relação aos métodos construtivos de barramentos, estes podem ser de aterros hidráulicos, semi-hidráulicos e de terra compactada. O método de terra compactada é o mais utilizado na construção dos maciços de terra. Este método é o processo pelo qual o aterro é desenvolvido em camadas de 20 a 25 cm de espessura de terra, adequadamente compactadas com a utilização de rolos compressores, pilões e vibradores. Em alguns casos de material silteoso, a compactação é feita pelos próprios equipamentos de transporte.

De acordo com Diniz et al. (2011), em barragens de terra de pequeno porte um processo construtivo comumente utilizado é o uso exclusivo do trator de esteira, que escava o material da bacia hidráulica, transporta para a seção da barragem, espalha e realiza a compactação. Geralmente é adotada uma camada solta de 20 cm que se reduz, após um número de 10 a 12 passadas do trator, para 15 cm.

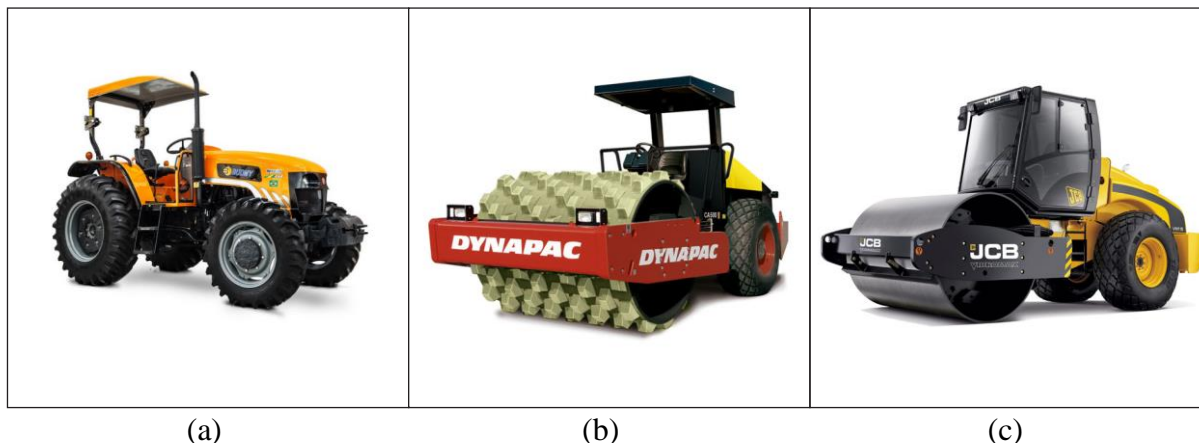
2.2.2 Compactação do maciço

De acordo com Massad (2003), entende-se por compactação de um solo qualquer redução, mais ou menos rápida, do índice de vazios, por processos mecânicos. Essa redução ocorre em face da expulsão ou compressão do ar dos vazios dos poros.

Segundo Caputo (2011), no campo, após espalhar o material, uniformemente, em camadas mais ou menos horizontais, a compactação é feita, empregando: rolos compressores, pilões e vibradores, além de carros-pipa munidos de barra de distribuição, para a irrigação e controle da humidade. Às vezes utiliza-se, quando o material a ser compactado o permitir que são os casos de materiais silteosos, o próprio equipamento pesado de transporte para obter a compactação.

Para Etephens (2011), equipamentos agrícola como pneus de tratores cheios com água seguindo um trajeto irregular demonstrado na Figura 3a são normalmente suficientes para compactar com êxito camadas de apenas 75-100 mm de espessura, já equipamento pesado como rolos pé-de-carneiro (ideais para solos argilosos), e rolos vibradores e compactadores (ideais para terrenos arenosos) demonstrados na Figura 3b e Figura 3c podem trabalhar com camadas de 200 mm de espessura e obviamente são preferíveis quando é necessário compactar grandes quantidades e larguras.

Figura 3 - Equipamentos Agrícolas e Pesados de compactação.



Conforme Etephens (2011), para a maioria das barragens agrícolas, a construção por trator de rodas ou pá carregadora será suficiente e, onde ativos fixos tangíveis e combustível não estejam disponíveis, poderá ser usada uma pá com tração animal para a construção do aterro. Essa última é muito adequada para pequenas barragens e, apesar de contribuírem para um progresso relativamente lento, os custos são minimizados e é obtido um excelente grau de compactação com o movimento do gado através do núcleo e do aterro. Mesmo pás rebocadas por trator são lentas e o elemento tempo de construção deverá ser considerado antes de ser tomada a decisão de construir uma barragem.

Outro tópico muito importante na etapa de compactação do maciço é o controle de compactação. Segundo Caputo (2011), para comprovar se a compactação está sendo feita devidamente, deve-se determinar sinteticamente a umidade e o peso específico aparente do material. Para esse controle pode-se utilizar o “speedy” na determinação da umidade, e o processo de frasco de areia na determinação do peso específico.

2.3 Patologias em açudes e barragens

Os problemas patológicos apresentam manifestações externas características que permitem um início do estudo do problema.

Conforme Carmo (2000), a patologia nas construções pode ser entendida, analogamente à ciência médica, como o ramo da engenharia que estuda os sintomas, formas de manifestação, origens e causas das doenças ou defeitos presentes nas obras.

O Ministério da Integração Nacional (2002), elaborou o manual de segurança e inspeções de barragens, que estabelece parâmetros e um roteiro básico para orientar os procedimentos de segurança a serem adotados em novos barramentos, quaisquer que sejam seus proprietários, e manter as já construídas em um estado de segurança compatível com seu interesse social e de desenvolvimento.

Um dos assuntos abordados por este manual são as principais anomalias encontradas em barramentos de terra e concreto, onde estas estão apresentadas no manual em forma de anexo e junto as anomalias, estão descritas suas causas, possíveis consequências e ações corretivas. Neste trabalho, o anexo de anomalias presente no manual de segurança e inspeções de barragens foi adaptado, demonstrando apenas as principais anomalias encontradas em barramentos de terra, que estão demonstradas no ANEXO A deste trabalho.

Segundo Araújo (2014), as causas das rupturas em barragens são induzidas por anomalias que surgem em alguma parte da sua estrutura e são facilmente identificáveis, caso haja inspeções rotineiras. E dependendo da situação, da magnitude e do nível de perigo, as anomalias podem ser solucionadas, não trazendo prejuízos para estabilidade do empreendimento.

O manual de preenchimento da ficha de inspeção de barragem, proposto pelo Ministério da Integração Nacional (2010), apresenta um modelo de ficha de inspeção de barragem de terra, que tem como finalidade, identificar, registrar, quantificar e qualificar as anomalias ou preocupações que afetem potencialmente a segurança do barramento.

O modelo de ficha de inspeção de barragens classifica as anomalias de acordo com sua situação, magnitude e nível de perigo. Sendo essas duas últimas preenchidas somente quando o item situação apresentar algum tipo de anomalia.

No preenchimento da ficha de inspeção de barragem de terra é feito um X nas colunas correspondentes à situação e à magnitude da anomalia que possa estar ocorrendo em relação ao item examinado e registrado na coluna NP um número de 0 a 3 correspondente ao nível de perigo que esta anomalia representa para a segurança da barragem. Para o preenchimento das fichas de inspeção é adotado um sistema de legendas para cada um dos itens de classificação, cujos significados estão descritos a baixo.

SITUAÇÃO:

A primeira parte da tabela se refere à situação da barragem em relação ao item que esteja sendo examinado, ou seja:

NA – Este item Não é Aplicável: O item examinado não é pertinente à barragem que esteja sendo inspecionada.

NE – Anomalia Não Existente: Quando não existe nenhuma anomalia em relação ao item que esteja sendo examinado, ou seja, sob o aspecto em questão, a barragem não apresenta falha ou defeito e não foge às normas.

PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez: Quando da visita à barragem, aquela anomalia for constatada pela primeira vez, não havendo indicação de sua ocorrência nas inspeções anteriores.

DS – Anomalia Desapareceu: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia verificada na inspeção anterior, não mais esteja ocorrendo.

DI – Anomalia Diminuiu: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com menor intensidade ou dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, conforme pode ser verificado pela inspeção ou informado pela pessoa responsável pela barragem.

PC – Anomalia Permaneceu Constante: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com igual intensidade ou a mesma dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, conforme pode ser verificado pela inspeção ou informado pela pessoa responsável pela barragem.

AU – Anomalia Aumentou: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com maior intensidade, ou dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, capaz de ser percebida pela inspeção ou informada pela pessoa responsável pela barragem.

NI – Este item Não foi Inspeccionado: Quando um determinado aspecto da barragem deveria ser examinado e por motivos alheios à pessoa que esteja inspecionando a barragem, a inspeção não foi realizada. Neste caso, na parte reservada para comentários, deverá haver uma justificativa para a não realização da inspeção

MAGNITUDE:

A definição da magnitude da anomalia procura tornar menos subjetiva a avaliação da dimensão do problema ou da falha encontrada:

I – Insignificante: Anomalia que pode simplesmente ser mantida sob observação pela Administração Local.

P – Pequena: Quando a anomalia pode ser resolvida pela própria Administração Local.

M – Média: Anomalia que só pode ser resolvida pela Administração Local com apoio da Administração Regional.

G – Grande: Anomalia que só pode ser resolvida pela Administração Regional com apoio da Administração Central.

NÍVEL DE PERIGO:

Com esta informação procura-se quantificar o nível de perigo causado pela anomalia e indicar a presteza com que esta anomalia deva ser corrigida.

0 – Nenhum: Não compromete a segurança da barragem, mas pode ser entendida como descaso e má conservação.

1 – Atenção: Não compromete a segurança da barragem a curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo.

2 – Alerta: Risco a segurança da barragem, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema.

3 – Emergência: Risco de ruptura iminente, situação fora de controle.

Podemos tomar como referências alguns trabalhos que já abordaram sobre o assunto patologias em barramentos e também utilizaram a mesma ficha de inspeção de barragens para identificação das anomalias como o trabalho “Análise de riscos em barragens de abastecimento de água da grande João Pessoa-PB” (Araújo, 2014), teve como resultados a presença principalmente das anomalias causadas pela presença de vegetação no talude de montante e jusante, obstrução ou inexistência de canaletas no talude de jusante, existência de formigueiros no coroamento e no talude de jusante, taludes sem proteção próximo ao canal de ligação ou ao canal do vertedouro, entre outros, que podem ser resolvidos através de manutenção e cuidado com a estrutura das barragens.

Avaliação das Condições de Segurança de Barragens da Região do Seridó do Estado do Rio Grande do Norte (Souza et al. 2016), foi outro trabalho que abordou sobre o assunto e seus principais resultados foram os deslocamentos no rip-rap e presença de vegetação no talude de montante e de jusante em todas as barragens inspecionadas, outras anomalias encontradas foram as trincas, que observadas na maioria das barragens, foram resultantes da erosão provocada pelo escoamento superficial de água, que não é drenada de forma eficiente pelas canaletas.

2.4 Avaliação do potencial de risco

De acordo o Ministério da Integração Nacional (2002), a avaliação do potencial de risco dos barramentos é realizada através de uma matriz potencial de risco que tem como objetivo principal apresentar um modelo alternativo para obter-se uma classificação das barragens, essencialmente quanto à sua segurança estrutural, importância estratégica e riscos para populações a jusante.

Compõe a matriz um primeiro conjunto de parâmetros ou características técnicas do projeto que, pela sua magnitude, permitem retratar o grau de Periculosidade (P) que está apresentada na Tabela 1.

Para o cálculo da periculosidade (P) dos barramentos, deve-se utilizar a equação 1 demonstrada a seguir.

$$P = a + b + c + d + e \quad \dots (1)$$

Com este somatório podemos identificar seu nível, sendo este elevado para (P) maior que 30, significativo para (P) entre 20 e 30 e baixo a moderado para (P) entre 10 e 20.

Tabela 1 – Níveis de Periculosidade

Dimensão da Barragem	Vol. Total do Reservatório	Tipo de Barragem	Tipo de Fundação	Vazão de Projeto
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Altura \leq a 10 m e Comprimento \leq a 200 m	Pequeno < 20 hm ³	Concreto	Rocha	Decamilenar
1	3	4	1	1
10 m < Altura < 20 m e Comprimento \leq 200 m	Médio até 200 hm ³	Alvenaria de pedra/ concreto rolado	Rocha alterada Saprolito	Milenar
3	5	6	4	2
20 m \leq Altura \leq 50 m ou Comprimento de 200 a 3000 m	Regular 200 a 800 hm ³	Terra enrocamento	Solo Residual/ Aluvião até 4m	500 anos
6	7	8	5	4
Altura > 50 m e Comprimento > 500 m	Muito grande > 800 hm ³	Terra	Aluvião arenoso espesso/ Solo orgânico	Inferior a 500 anos ou desconhecida
10	10	10	10	10

Fonte: Adaptado de Ministério da Integração Nacional (2002)

Para atribuir o grau de periculosidade do item vazão de projeto apresentado na Tabela 1 é necessário conhecer o tempo de retorno desta vazão. Para isso foi utilizado a Tabela 2 do guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas, apresentado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (2005) que apresenta as recomendações para valores mínimos de períodos de retorno de acordo com o tipo de obra e suas dimensões.

Tabela 2 – Valores mínimos de períodos de retorno

Obra	Dimensões (m)	TR (anos)
Barramento	$h \leq 5$ e $L \leq 200$	100
	$5 < h \leq 15$ e $L \leq 500$	1000
	$h > 15$ e/ou $L > 500$	10000

Fonte: Adaptado Departamento de Águas e Energia Elétrica (2005)

Um segundo conjunto, envolvendo aspectos relacionados com o estado atual da barragem, com a sua história e com a operacionalidade e/ou facilidade de manutenção de suas estruturas hidráulicas, permite avaliar o grau de Vulnerabilidade (V) atual, que está demonstrado na Tabela 3 deste trabalho.

Para o cálculo da venerabilidade (V) dos barramentos, deve-se realizar a equação 2 demonstrada a seguir.

$$V = f + g + h + i + j + k + l \quad \dots (2)$$

Com este somatório podemos identificar seu nível, sendo este elevado para (V) maior que 35, moderada a elevada para (V) entre 20 e 35, baixo a moderado para (V) entre 5 e 20 e muito baixa para (V) menor que 5.

Tabela 3 – Níveis de Vulnerabilidade

Tempo de operação	Existência de projeto (As Built)	Confiabilidade das Estruturas Vertedoras	Tomada de Agua	Percolação	Deformações afundamentos e assentamentos	Deterioração do Talude/ Paramento
(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)
> 30 anos	Existem as built Projetos e avaliação do desempenho	Muito satisfatória	Satisfatória controle a montante	Totalmente controlada pelo sistema de drenagem	Inexistente	Inexistente
0	1	2	1	1	0	1
de 10 a 30 anos	Existem projetos e as built	Satisfatória	Satisfatória controle a jusante	Sinais de umedecimento nas areas de jusante, taludes ou ombreiras	Pequenos abatimentos da crista	Falhas no rip-rap e na proteção de jusante
1	3	3	2	4	2	3
de 5 a 10 anos	Só projeto basico	Suficiente	Aceitável	Zonas umidas em taludes de jusante, ombreira, area alagada a jusante devido ao fluxo	Ondulações pronunciadas, fissuras	Falha nas proteções, drenagens insuficientes e sulcos nos taludes
2	5	6	3	6	6	7
< 5 anos	Não existe Projeto	Não satisfatória	Deficiente	Surgimento de agua nos taludes, ombreiras e area a jusante	Depressão na crista, afundamentos nos taludes, ou na fundação/trinca	Depressão no rip-rap, escorregamento, sulcos profundos de erosão, vegetação
3	7	10	5	10	10	10

Fonte: Adaptado de Ministério da Integração Nacional (2002)

O terceiro conjunto, Importância (I), demonstrado pela Tabela 4, reúne parâmetros que, por seu vulto ou magnitude, conferem o valor estratégico associável à barragem no caso de eventual ruptura.

Para o cálculo da importância (I) dos barramentos, deve-se aplicar a equação 3 apresentada a seguir.

$$I = \frac{m + n + o}{3} \quad \dots (3)$$

Tabela 4 – Níveis de Importância

Volume útil hm³	População a jusante	Custo da barragem
(m)	(n)	(o)
Grande > 800	Grande	Elevado
2	2,5	1,5
Médio 200 a 800	Média	Médio
1,5	2	1,2
Baixo < 200	Pequena	Pequeno
1	1	1

Fonte: Adaptado de Ministério da Integração Nacional (2002)

Finalmente, com os dados obtidos anteriormente é possível calcular o Potencial de Riscos (PR) que sugere a classificação da barragem segundo o nível de risco à sua segurança demonstrado no Quadro 1. Essa classificação está associada a índices do Potencial de Risco (PR) e de Vulnerabilidade (V).

Quadro 1 – Classificação do potencial de risco

Classe	Potencial de risco (PR)
A	> 65 (ou V=10) - Alto
B	40 a 65 - Médio
C	25 a 39 - Normal
D	14 a 24 - Baixo
E	< 15 - Muito baixo

Fonte: Adaptado de Ministério da Integração Nacional (2002)

Para o cálculo do potencial de risco (PR) é necessário utilizar a equação 4.

$$PR = \frac{(P + V)}{2 \times I} \quad \dots (4)$$

3 METODOLOGIA

3.1 Definição das áreas de estudo

Inicialmente foram adotados como pré-requisitos para a escolha do barramento, ter o reconhecimento do processo construtivo do mesmo e ter as dimensões desejadas, que são no mínimo 6 metros de altura e 100 metros de comprimento. Em sequência foi realizado consultas de barragens nas entidades alegretenses, proprietários e profissionais que trabalham na área, coletando informações como localização, características e tipo de barragem. Para posteriormente, realizar a classificação e definição das barragens a serem estudadas de acordo com os pré-requisitos estabelecidos.

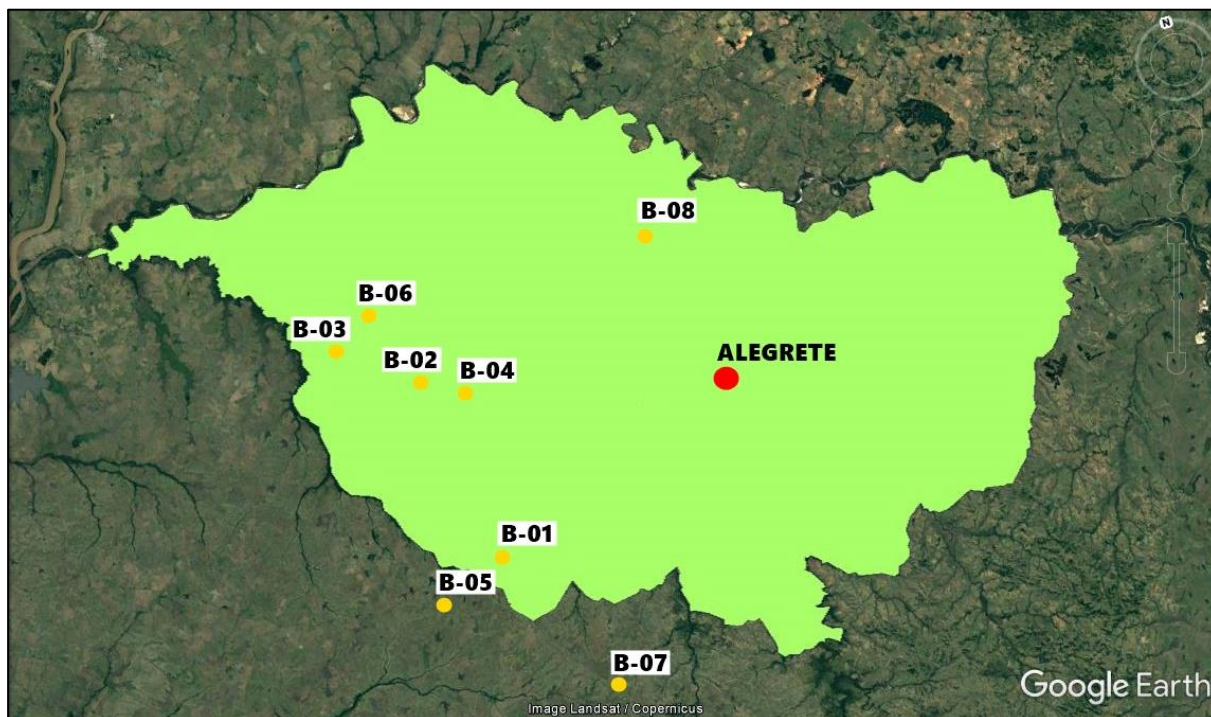
Essa etapa foi onde encontramos maior dificuldade para obtenção de contatos dos proprietários que possuíam barramentos, foi pesquisado em entidade como CAAL, IRGA, Associação dos Arrozeiros, porém muitas destas entidades tinham restrições no que se diz respeito a dados de colaboradores e associados.

Entretanto surgiu uma proposta da Associação dos Arrozeiros de Alegrete em transformar meu trabalho de conclusão de curso em um projeto dentro da empresa, fazendo com que fosse possível o acesso a informações dos seus associados. Foram realizado várias ligações para proprietários, explicando detalhadamente sobre o que se tratava o estudo e se eles possuíam conhecimento sobre o processo construtivo e se os barramentos tinham as dimensões mínimas para o estudo.

Das inúmeras ligações realizadas, foram poucos proprietários que colaboraram com o trabalho e que permitiram as visitas em sua propriedade e disponibilizaram um tempo para responder algumas informações sobre o barramento

De acordo com os pré-requisitos aplicados para a definição da área de estudo, foram estudados 8 barramentos na cidade de Alegrete/RS e região. A figura 4 mostra a localização dos barramentos estudados neste trabalho, onde os mesmos foram identificados por códigos para garantir a privacidade e discrição das propriedades e proprietários que contribuíram para o estudo.

Figura 4 – Mapa de localização dos barramentos estudados



Fonte: Google Earth

A seguir nas Figuras 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 estão mostradas as fotos de todos barramentos estudados neste trabalho, onde os mesmos estão classificados entre açudes ou barragens e identificados por seus respectivos códigos.

Figura 5 – Açude B-01



Fonte: Elaboração própria

Figura 6 – Açude B-02



Fonte: Elaboração própria

Figura 7 – Açude B-03



Fonte: Elaboração própria

Figura 8 – Açude B-04



Fonte: Elaboração própria

Figura 9 – Açude B-05



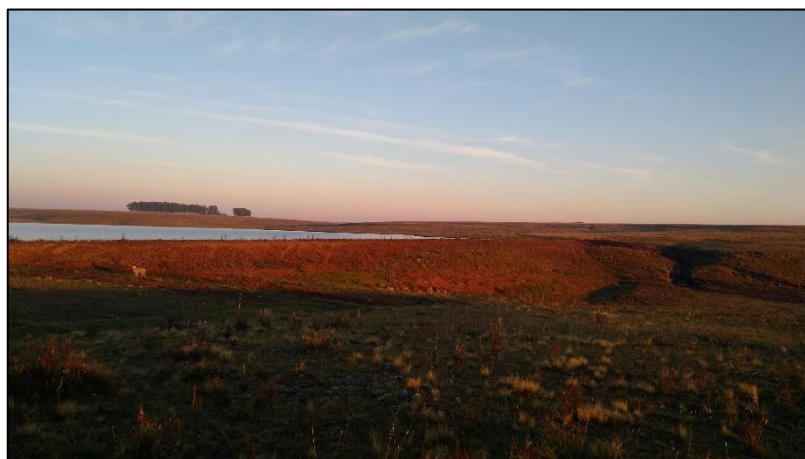
Fonte: Elaboração própria

Figura 10 – Açude B-06



Fonte: Elaboração própria

Figura 11 – Açude B-07



Fonte: Elaboração própria

Figura 12 – Açude B-08



Fonte: Elaboração própria

3.2 Levantamento do processo histórico construtivo dos barramentos

Com base nos autores Carvalho (2008), Etephens (2011), Matos et al. (2012) e Ministério da Integração Nacional (2002), foi elaborado um questionário de pesquisa que está representado no ANEXO B deste trabalho e tem como principais perguntas abordadas durante a pesquisa, questões como a idade do barramento, a sua finalidade, origem do material utilizado na construção do barramento, existência ou não dos sistemas de filtros, quais equipamentos foram utilizados para os serviços de terraplanagem e compactação do maciço, entre outras questões, sempre focando e direcionando para o reconhecimento da seção da barragem, processo construtivos e equipamentos utilizados na construção da mesma.

É importante salientar que para a realização destas entrevistas, visando facilitar e também padronizar as respostas do questionário, em algumas perguntas como as que abordavam a “existência ou não dos sistemas de filtros” e “quais equipamentos foram utilizados para os serviços de terraplanagem e compactação do maciço”, foram disponibilizadas figuras dos equipamentos e dos sistemas de filtros mais utilizados e para as perguntas quanto a “espessura em que foi disposta as camadas de solo”, foi criado intervalos nas respostas que variavam de 5 em 5 cm.

Posteriormente foram realizadas visitas as propriedades onde estão localizados os barramentos, realizando-se as entrevistas com os proprietários ou responsáveis. Dessa forma, com base nas entrevistas, cada questionário foi devidamente preenchido. A implantação deste questionário e visitas eram previamente combinadas via telefone com os proprietários e dependiam da disponibilidade de tempo dos mesmo para realização destas tarefas, o que se tornou uma certa dificuldade, pois como o estudo foi realizado em uma época de colheita, muito dos proprietários não possuíam disponibilidade de tempo a responder ao questionário ou marcar as visitas.

3.3 Inspeções de campo e análises patológicas

Nesta etapa foram realizadas inspeções em campo para avaliar as condições patológicas de cada barramento. Dessa forma, também, certificar as informações compiladas nas entrevistas, fornecidas pelos proprietários ou responsáveis dos barramentos, além de acrescentar informações quando necessário. Para a realização dos levantamentos patológicos das estruturas foi utilizado uma adaptação do modelo de ficha de inspeção de barragem de terra, desenvolvido e proposto pelo Ministério da Integração Nacional (2010), localizado no ANEXO C deste trabalho.

Essa adaptação da ficha de inspeção realizada para os barramentos da região de Alegrete/RS, teve como itens inspecionados os taludes da montante, coroamento, taludes da jusante, região a jusante, instrumentação e vertedouros.

A Figura 13 mostra uma foto panorâmica a montante do barramento B-08 no dia em que foi realizado sua inspeção.

Figura 13 – Foto panorâmica a montante do barramento B-08



Fonte: Elaboração própria

Nesta etapa de inspeção de campo e compilação de dados, a coleta de informações sobre as dimensões das seções transversais dos barramentos foi realizada através de projetos fornecidos pelos proprietários ou então através de levantamentos topográficos realizados com o equipamento estação total. Foi realizado pelo menos dois levantamentos das seções transversais por barramento, sendo estes executados nos trechos mais alto dos mesmos.

A Figura 14, demonstra uma foto referente ao levantamento da seção transversal do barramento B-04.

Figura 14 – Foto do levantamento topográfico do barramento B-04



Fonte: Elaboração própria

3.4 Avaliação do potencial de risco

Após a realização das etapas de levantamento dos processos construtivos, inspeções de campo, levantamentos topográficos, análises patológicas e com base na matriz potencial de risco do Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, desenvolvido e proposto pelo Ministério da Integração Nacional (2002), apresentada no item 2.4 deste trabalho, é possível obter informações suficientes para realizar a avaliação do potencial de risco de cada um dos barramentos estudados.

Primeiramente é calculado o somatório dos níveis de periculosidade e vulnerabilidade, bem como a média entre os níveis de importância dos barramentos. Com estes dados finalizados, realiza-se a soma dos somatórios e divide-se o valor resultante por duas vezes a média da importância, com o resultado desta conta é possível classificar cada um dos barramentos de acordo com o seu nível de potencial de risco.

Também deve ficar registrado que esta é uma “matriz piloto”, cuja metodologia de avaliação de potencial de riscos vem sendo aplicada com sucesso no Estado do Ceará pela COGERH para as 116 barragens por ela monitoradas e está sujeita a aferições nos parâmetros e pontuações, fruto da experiência dos técnicos que detêm conhecimentos específicos e/ou familiaridade com barragens, para cada órgão específico.

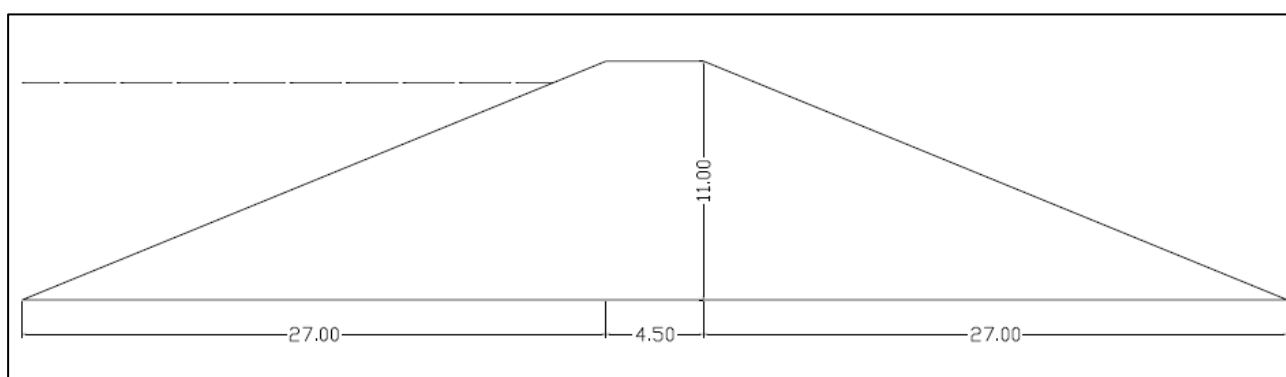
4 RESULTADOS

4.1 Caracterização das seções dos barramentos

Com base nas informações coletadas com proprietários e nos projetos quando fornecidos pelos mesmos, praticamente todos barramentos estudados se enquadram na classificação de barramentos geotécnicos de seção homogênea, exceto o açude B-07 que possuía uma seção zonada.

Na figura 15 podemos observar a seção transversal do barramento B-01 que possui uma seção homogênea com uma altura de 11 metros em sua parte mais alta, um coroamento com 4,5 metros, inclinação dos taludes de aproximadamente 2,5/1 e comprimento total de 747 metros.

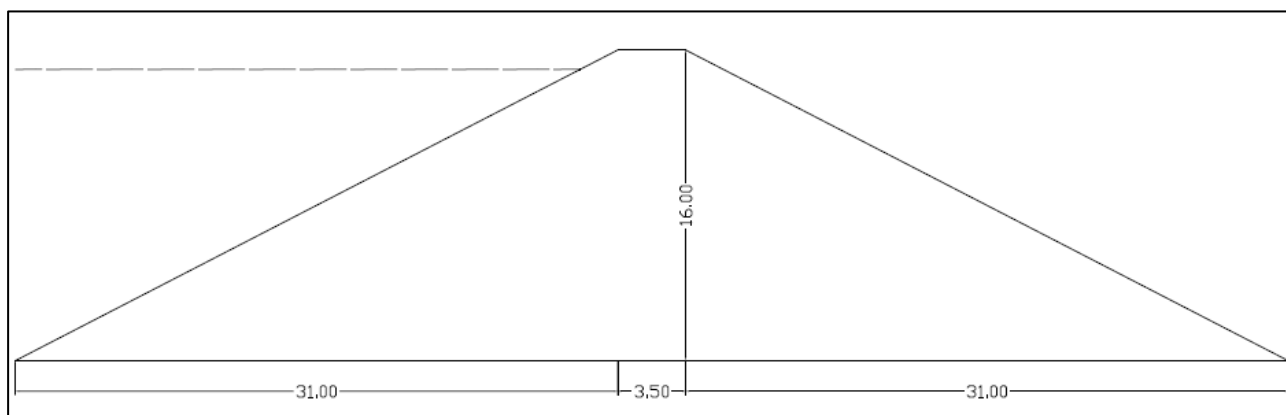
Figura 15 – Croqui da seção transversal do barramento B-01



Fonte: Elaboração própria

Na figura 16 podemos observar a seção transversal do barramento B-02 que possui uma seção homogênea com uma altura de 16 metros em sua parte mais alta, um coroamento com 3,5 metros, inclinação dos taludes de aproximadamente 2/1 e comprimento total de 886 metros.

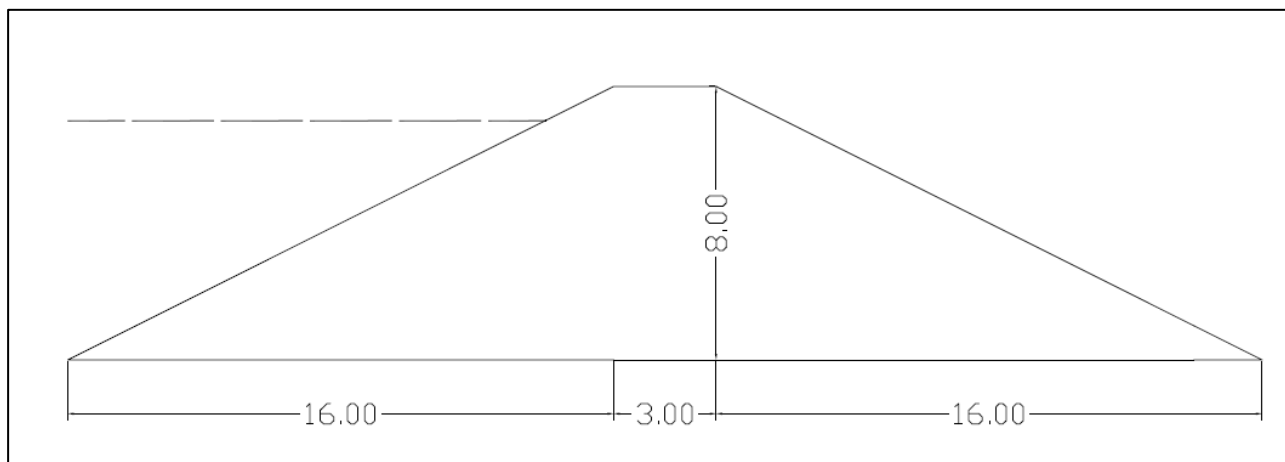
Figura 16 – Croqui da seção transversal do barramento B-02



Fonte: Elaboração própria

Na figura 17 podemos observar a seção transversal do barramento B-03 que possui uma seção homogênea com uma altura de 8 metros em sua parte mais alta, um coroamento com 3,0 metros, inclinação dos taludes de 2/1 e comprimento total de 267 metros.

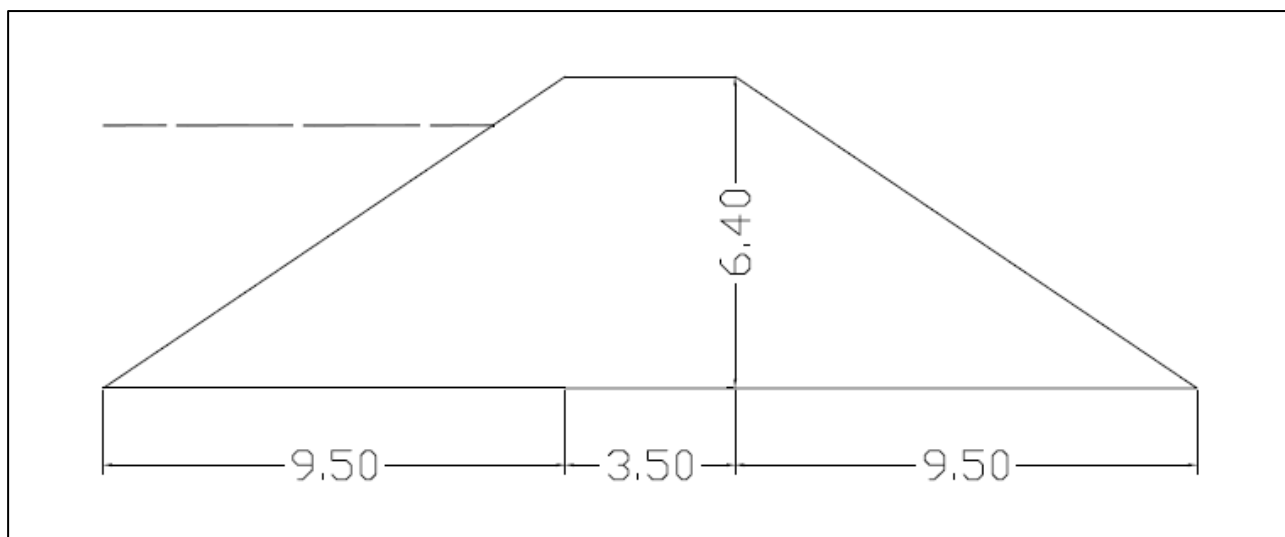
Figura 17 – Croqui da seção transversal do barramento B-03



Fonte: Elaboração própria

Na figura 18 podemos observar a seção transversal do barramento B-04 que possui uma seção homogênea com uma altura de 6,4 metros em sua parte mais alta, um coroamento com 3,5 metros, inclinação dos taludes de aproximadamente 1,5/1 e comprimento total de 1062 metros.

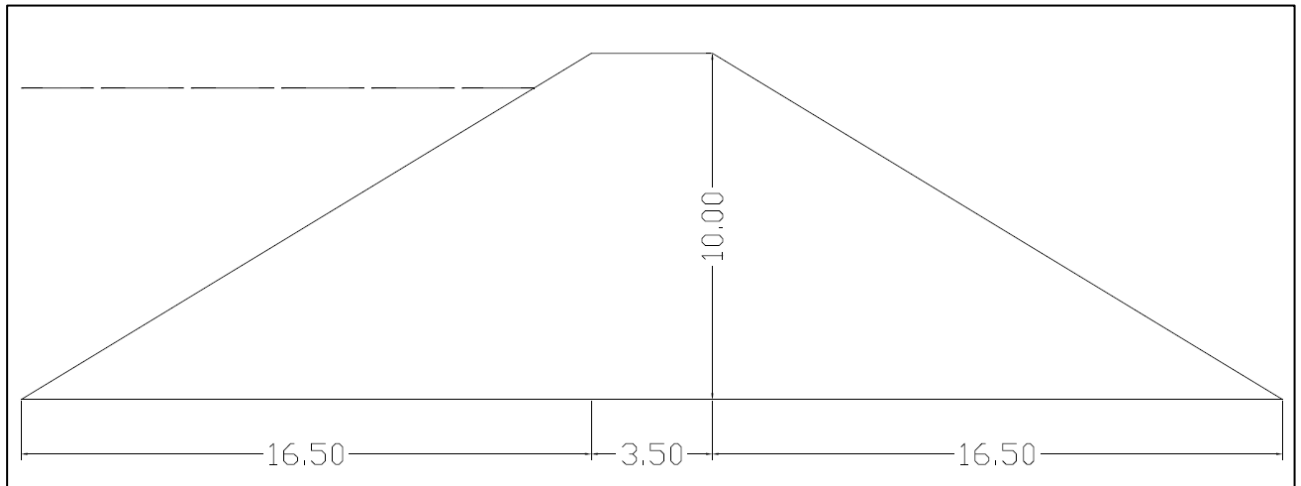
Figura 18 – Croqui da seção transversal do barramento B-04



Fonte: Elaboração própria

Na figura 19 podemos observar a seção transversal do barramento B-05 que possui uma seção homogênea com uma altura de 10 metros em sua parte mais alta, um coroamento com 3,5 metros, inclinação dos taludes de aproximadamente 1,6/1 e comprimento total de 483 metros.

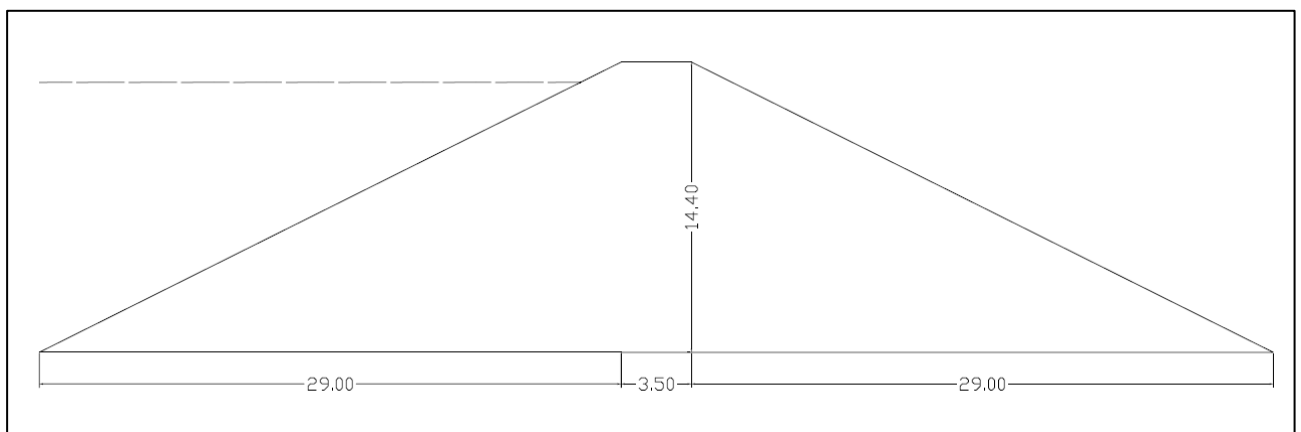
Figura 19 – Croqui da seção transversal do barramento B-05



Fonte: Elaboração própria

Na figura 20 podemos observar a seção transversal do barramento B-06 que possui uma seção homogênea com uma altura de 14,4 metros em sua parte mais alta, um coroamento com 3,5 metros, inclinação dos taludes de aproximadamente 2/1 e comprimento total de 472 metros.

Figura 20 – Croqui da seção transversal do barramento B-06

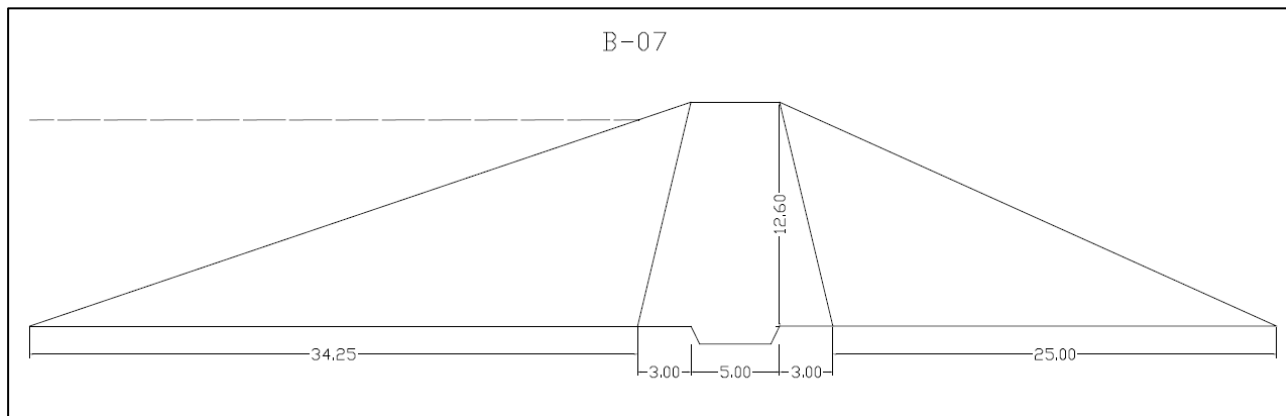


Fonte: Elaboração própria

Na figura 21 podemos observar a seção transversal do barramento B-07 que possui uma seção zonada com uma altura de 12,6 metros em sua parte mais alta, um coroamento com 5 metros,

inclinação do talude da montante aproximadamente 2,6/1 e jusante 2/1 e comprimento total de 285 metros.

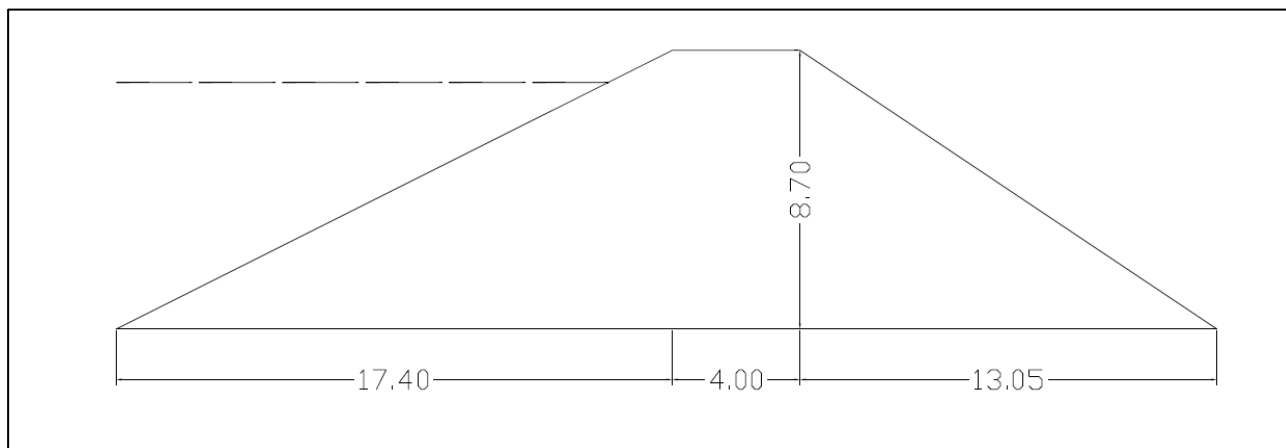
Figura 21 – Croqui da seção transversal do barramento B-07



Fonte: Elaboração própria

Na figura 22 podemos observar a seção transversal do barramento B-08 que possui uma seção homogênea com uma altura de 16 metros em sua parte mais alta, um coroamento com 3,5 metros, inclinação do talude da montante aproximadamente 2/1e jusante 1,5/1 e comprimento total de 494 metros.

Figura 22 – Croqui da seção transversal do barramento B-08



Fonte: Elaboração própria

4.2 Levantamento do processo histórico construtivo dos barramentos

A seguir são apresentadas todas as informações referentes ao levantamento do processo histórico construtivo dos barramentos. As informações foram coletadas através da aplicação do questionário de pesquisa durante a entrevista com cada um dos responsáveis dos barramentos.

Essas mesmas informações estarão compiladas e apresentadas graficamente no item 5 deste trabalho.

Pergunta 01: Em que ano foi construída a barragem?

Quadro 2 – Respostas referentes à pergunta 01

Barramento:	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Resposta:	1977	1972	2012	1999	1980	1984	2014	2013

Fonte: Elaboração própria

Pergunta 02: Qual a finalidade da construção do barramento?

Quadro 3 – Respostas referentes à pergunta 02

Barramento:	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Resposta:	Irrigação	Irrigação	Irrigação	Irrigação	Irrigação	Irrigação	Irrigação	Irrigação

Fonte: Elaboração própria

Pergunta 03: Foi realizado algum tipo de projeto para a construção do barramento?

Quadro 4 – Respostas referentes à pergunta 03

Barramento:	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Resposta:	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaboração própria

Pergunta 04: Houve acompanhamento nas etapas de construção da barragem?

Quadro 5 – Respostas referentes à pergunta 04

Barramento:	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Resposta:	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaboração própria

Pergunta 05: Qual profissional acompanhou a obra?

Quadro 6 – Respostas referentes à pergunta 05

Barramento:	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Resposta:	Engenheiro	Engenheiro	Engenheiro	Engenheiro	Engenheiro	Engenheiro	Engenheiro	Engenheiro

Fonte: Elaboração própria

Pergunta 06: Qual foi o tempo total de construção da barragem?

Quadro 7 – Respostas referentes à pergunta 06

Barramento:	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Resposta:	Não sabiam	Não sabiam	5 meses	Não sabiam	8 meses	Não sabiam	4 meses	3 anos

Fonte: Elaboração própria

Pergunta 07: Foi utilizado mais de um tipo de material para a construção da barragem?

Quadro 8 – Respostas referentes à pergunta 07

Barramento:	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Resposta:	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaboração própria

Pergunta 08: De onde foram retirados esses materiais de empréstimo?

Quadro 9 – Respostas referentes à pergunta 08

Barramento:	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Resposta:	Área alagada	Área alagada	Área alagada	Área alagada	Área alagada	Área alagada	Área alagada	Área alagada

Fonte: Elaboração própria

Pergunta 09: Existe algum sistema de filtro na barragem?

Quadro 10 – Respostas referentes à pergunta 09

Barramento:	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Resposta:	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não

Fonte: Elaboração própria

Pergunta 10: Caso sim, qual tipo de filtro foi utilizado?

Quadro 11 – Respostas referentes à pergunta 10

Barramento:	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Resposta:					Tapete drenante		Tapete drenante	

Fonte: Elaboração própria

Pergunta 11: Houve processo de compactação na construção da barragem?

Quadro 12 – Respostas referentes à pergunta 11

Barramento:	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Resposta:	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaboração própria

Pergunta 12: Com quais espessuras foram dispostas as camadas de solos a serem compactadas?

Quadro 13 – Respostas referentes à pergunta 12

Barramento:	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Resposta:	21 a 30 cm	21 a 30 cm	16 a 20 cm	16 a 20 cm	16 a 20 cm	21 a 30 cm	21 a 30 cm	21 a 30 cm

Fonte: Elaboração própria

Pergunta 13: Quais equipamentos foram utilizados na disposição das camadas de solo na área do barramento?

Quadro 14 – Respostas referentes à pergunta 13

Barramento:	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Resposta:	Trator + Scraper	Trator + Scraper	Escavadeira Hidráulica	Pá Carregadeira	Trator + Scraper	Trator + Scraper	Trator + Scraper	Trator + Scraper
			Caminhão Caçamba	Caminhão Caçamba				Escavadeira Hidráulica

Fonte: Elaboração própria

Pergunta 14: Quais equipamentos foram utilizados para a compactação da barragem?

Quadro 15 – Respostas referentes à pergunta 14

Barramento:	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Resposta:	Trator + Scraper	Trator + Scraper	Trator de esteira	Moto niveladora	Trator + Scraper	Trator + Scraper	Trator + Scraper	Trator + Scraper
			Caminhão Caçamba	Caminhão Caçamba				

Fonte: Elaboração própria

Pergunta 15: O barramento já necessitou de alguma manutenção?

Quadro 16 – Respostas referentes à pergunta 15

Barramento:	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Resposta:	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim

Fonte: Elaboração própria

Pergunta 16: É realizado manutenção preventiva?

Quadro 17 – Respostas referentes à pergunta 16

Barramento:	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Resposta:	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Não

Fonte: Elaboração própria

Pergunta 17: Caso sim, com qual frequência?

Quadro 18 – Respostas referentes à pergunta 17

Barramento:	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Resposta:	2 anos	2 anos		6 anos				

Fonte: Elaboração própria

4.3 Inspeções de campo e análises patológicas

Os resultados obtidos nas inspeções de campo, foram estruturados conforme a ficha de inspeção de barragem de terra, proposta pelo Ministério da Integração Nacional (2010), que classifica as anomalias de acordo com sua situação, magnitude e nível de perigo. Sendo essas duas últimas preenchidas somente quando o item situação apresentar algum tipo de anomalia. Os itens situação, magnitude e nível de perigo presentes na ficha de inspeção, estão representadas neste tópico pelas abreviações SI, MG e NP respectivamente.

O item situação SI, tem como opções de respostas os itens NA, NE, PV e NI, que significam respectivamente este item não é aplicável, anomalia não existente, anomalia constatada pela primeira vez e este item não foi inspecionado. O item magnitude MG, possui as siglas I, P, M e G como opção de respostas e estas significam respectivamente a insignificante, pequena, média e grande. Já o item nível de perigo NP, tem como opções de respostas os números 0, 1, 2 e 3, que significam respectivamente a nenhum, atenção, alerta e emergência.

Com base na estruturação da lista de inspeção são apresentados em forma de quadros primeiramente os resultados referentes ao levantamento patológicos dos taludes da montante dos

barramentos em estudo. Posteriormente também representados por quadros, são apresentados os levantamentos patológicos do coroamento, talude a jusante, região a jusante, instrumentação e por fim os vertedouros.

Essas mesmas informações estarão compiladas e apresentadas graficamente no item 5 deste trabalho.

Talude da montante:

Quadro 19 – Resultados do levantamento patológico dos taludes do montante

BARRAMENTO	Erosões			Escorregamentos			Rachaduras/afundamento (laje de concreto)			Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado			Afundamentos e buracos		
	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP
B-01	PV	M	1	NE			NP			PV	I	0	NE		
B-02	PV	G	2	NE			NP			PV	M	2	NE		
B-03	PV	M	1	NE			NP			NE			NE		
B-04	PV	M	1	NE			NP			PV	P	1	NE		
B-05	PV	M	1	NE			NP			PV	P	1	NE		
B-06	PV	G	2	NE			NP			PV	M	2	NE		
B-07	NE			NE			NP			NE			NE		
B-08	NE			NE			NP			NE			NE		

Fonte: Elaboração própria

Quadro 20 – Resultados do levantamento patológico dos taludes do montante

BARRAMENTO	Árvores e arbustos			Erosão nos encontros das ombreiras			Canaletas quebradas ou obstruídas			Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais			Sinais de movimento		
	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP
B-01	NE			NE			NP			NE			NE		
B-02	NE			NE			NP			NE			NE		
B-03	NE			NE			NP			NE			NE		
B-04	PV	P	1	NE			NP			NE			NE		
B-05	PV	P	1	NE			NP			NE			NE		
B-06	PV	P	1	NE			NP			NE			NE		
B-07	NE			NE			NP			NE			NE		
B-08	NE			NE			NP			NE			NE		

Fonte: Elaboração própria

Coroamento:

Quadro 21 – Resultados do levantamento patológico dos coroamentos

BARRAMENTO	Erosões			Rachaduras			Falta de revestimento			Falha no revestimento			Afundamentos e buracos			Árvores e arbustos		
	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP
B-01	NE			NE			NA			NA			NE			NE		
B-02	NE			NE			NA			NA			PV	P	1	NE		
B-03	NE			NE			NA			NA			NE			NE		
B-04	NE			NE			NA			NA			NE			NE		
B-05	NE			NE			NA			NA			NE			NE		
B-06	NE			NE			NA			NA			PV	P	1	NE		
B-07	NE			NE			NA			NA			NE			NE		
B-08	NE			NE			NA			NA			PV	P	1	NE		

Fonte: Elaboração própria

Quadro 22 – Resultados do levantamento patológico dos coroamentos

BARRAMENTO	Defeitos na drenagem			Defeitos no meio-fio			Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais			Sinais de movimento			Desalinhamento do meio-fio			Ameaça de transbordamento da barragem		
	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP
B-01	PV	M	1	NA			NE			NE			NA			PV	P	2
B-02	PV	M	1	NA			PV	I	0	NE			NA			PV	P	2
B-03	PV	M	1	NA			PV	I	0	NE			NA			PV	P	2
B-04	PV	M	1	NA			PV	P	1	NE			NA			NE		
B-05	PV	M	1	NA			PV	I	0	NE			NA			NE		
B-06	PV	M	1	NA			PV	I	0	NE			NA			PV	P	2
B-07	PV	M	1	NA			NE			NE			NA			PV	I	1
B-08	PV	M	1	NA			NE			NE			NA			NE		

Fonte: Elaboração própria

Talude da Jusante:

Quadro 23 – Resultados do levantamento patológico dos taludes a jusante

BARRAMENTO	Erosões			Escorregamentos			Rachaduras/afundamento (laje de concreto)			Falha na proteção granular			Falha na proteção vegetal		
	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP
B-01	NE			NE			NA			NA			PV	P	1
B-02	NE			NE			NA			NA			NE		
B-03	PV	I	0	NE			NA			NA			PV	I	0
B-04	PV	P	0	NE			NA			NA			PV	M	1
B-05	PV	M	1	PV	M	2	NA			NA			PV	M	1
B-06	NE			NE			NA			NA			NE		
B-07	PV	M	1	PV	M	1	NA			NA			PV	M	1
B-08	PV	G	2	PV	G	2	NA			NA			PV	G	2

Fonte: Elaboração própria

Quadro 24 – Resultados do levantamento patológico dos taludes a jusante

BARRAMENTO	Afundamentos e buracos			Árvores e arbustos			Erosão nos encontros das ombreiras			Cavernas e buracos nas ombreiras			Canaletas quebradas ou obstruídas		
	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP
B-01	NE			NE			NE			NE			NA		
B-02	NE			PV	P	1	NE			NE			NA		
B-03	PV	I	1	NE			NE			NE			NA		
B-04	NE			PV	P	1	NE			NE			NA		
B-05	NE			PV	G	2	NE			NE			NA		
B-06	NE			NE			PV	P	1	NE			NA		
B-07	NE			NE			NE			NE			NA		
B-08	PV	G	2	NE			NE			NE			NA		

Fonte: Elaboração própria

Quadro 25 – Resultados do levantamento patológico dos taludes a jusante

BARRAMENTO	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais			Sinais de movimento			Sinais de fuga d'água ou áreas úmidas			Carreamento de material na água dos drenos		
	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP
B-01	NE			NE			PV	M	2	NA		
B-02	NE			NE			NE			NA		
B-03	PV	I	0	NE			NE			NA		
B-04	PV	M	1	NE			NE			NA		
B-05	PV	M	1	PV	G	2	PV	M	1	NA		
B-06	NE			NE			NE			NA		
B-07	NE			PV	M	1	PV	M	2	NA		
B-08	NE			PV	G	2	PV	M	1	NA		

Fonte: Elaboração própria

Região a jusante:

Quadro 26 – Resultados do levantamento patológico da região a jusante

BARRAMENTO	Construções irregulares próximas ao leito do rio			Fuga d'água			Erosão nas ombreiras			Cavernas e buracos nas ombreiras			Árvores/arbustos na faixa de 10m do pé da barragem		
	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP
B-01	NA			PV	M	1	NE			NE			NE		
B-02	NA			PV	M	1	NE			NE			NE		
B-03	NA			PV	P	0	NE			NE			NE		
B-04	NA			PV	M	1	NE			NE			NE		
B-05	NA			PV	M	1	NE			NE			PV	M	1
B-06	NA			PV	M	1	NE			NE			NE		
B-07	NA			PV	M	1	PV	M	1	NE			NE		
B-08	NA			PV	M	1	NE			NE			NE		

Fonte: Elaboração própria

Instrumentação:

Quadro 27 – Resultados do levantamento patológico das instrumentações

BARRAMENTO	Acesso precário aos instrumentos			Piezômetros entupidos ou defeituosos			Marcos de recalque defeituosos			Medidores de vazão de percolação defeituosos		
	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP
B-01	NA			NA			NA			NA		
B-02	NA			NA			NA			NA		
B-03	NA			NA			NA			NA		
B-04	NA			NA			NA			NA		
B-05	NA			NA			NA			NA		
B-06	NA			NA			NA			NA		
B-07	NA			NA			NA			NA		
B-08	NA			NA			NA			NA		

Fonte: Elaboração própria

Quadro 28 – Resultados do levantamento patológico das instrumentações

Barramento	Falta de instrumentação			Falta de registro de leituras da instrumentação			Deficiência no poço de alívio		
	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP
B-01	PV	M	1	NA			NA		
B-02	PV	M	1	NA			NA		
B-03	PV	M	1	NA			NA		
B-04	PV	M	1	NA			NA		
B-05	PV	M	1	NA			NA		
B-06	PV	M	1	NA			NA		
B-07	PV	M	1	NA			NA		
B-08	PV	M	1	NA			NA		

Fonte: Elaboração própria

Vertedouro:

Quadro 29 – Resultados do levantamento patológico dos vertedouros

BARRAMENTO	Árvores e arbustos			Obstrução ou entulhos			Desalinhamento dos taludes e muros laterais			Erosões ou escorregamentos nos taludes		
	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP
B-01	NE			NE			NA			NA		
B-02	NE			NE			NE			NE		
B-03	NE			PV	P	1	NA			NE		
B-04	NE			NE			NE			NE		
B-05	NE			PV	P	1	NA			NE		
B-06	NE			NE			NA			NE		
B-07	NE			NE			NA			PV	M	1
B-08	NE			NE			NA			NA		

Fonte: Elaboração própria

Quadro 30 – Resultados do levantamento patológico dos vertedouros

BARRAMENTO	Erosão na base dos canais escavados			Erosão na área à jusante (erosão regressiva)			Construções irregulares (aterro, casa, cerca)		
	SI	MG	NP	SI	MG	NP	SI	MG	NP
B-01	NE			NE			PV	M	2
B-02	NE			NE			PV	P	2
B-03	NA			NE			PV	M	2
B-04	NE			NE			PV	P	1
B-05	NA			PV	M	1	NE		
B-06	NA			NA			PV	M	2
B-07	NE			PV	M	1	NE		
B-08	NA			PV	P	0	PV	M	2

Fonte: Elaboração própria

4.4 Avaliação do potencial de risco

Periculosidade:

Com base na Tabela 2 localizada no item 2.4 deste trabalho, foi possível classificar todos os barramentos de acordo com seu grau de periculosidade.

Todos barramentos possuem comprimento superior a 200 metros, portanto se encaixaram com nível 6 de periculosidade no que diz respeito ao item dimensões do barramento.

Para a escolha do grau de periculosidade do item volume total do reservatório foi tomado como base o barramento B-08 que possui um volume de 0,26 hm³. Com essa informação foi realizado

uma comparação entre os outros barramentos que mesmo alguns sendo muito superiores a este, não chegariam nem perto dos 20 hm², fazendo com que todos barramentos se encaixem no nível 3 de periculosidade para este item.

Devido a todos barramentos estudados serem de terra, todos receberam nível 10 de periculosidade no item tipo de barragem.

Com base nas inspeções em campo foi verificado os tipos de fundação de cada barramento, onde estes estão classificados em sua maioria como nível 4 e 5 de periculosidade, o que significa que sua fundação está sobre uma rocha alterada ou então sobre solo residual respectivamente.

O item vazão de projeto foi definido de acordo com os tempos de retorno mínimos para vazões de projetos de barramentos, apresentados pelo DAEE (2005).

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados dos níveis de periculosidade de cada um dos barramentos em estudo.

Tabela 5 – Resultados dos níveis de Periculosidade

BARRAMENTO	Dimensão da Barragem	Vol. Total do Reservatório	Tipo de Barragem	Tipo de Fundação	Vazão de Projeto
B-01	20 m ≤ Altura ≤ 50 m ou Comprimento de 200 a 3000 m	Pequeno < 20 hm ³	Terra	Solo Residual/ Aluvião até 4m	Decamilenar
	6	3	10	5	1
B-02	20 m ≤ Altura ≤ 50 m ou Comprimento de 200 a 3000 m	Pequeno < 20 hm ³	Terra	Rocha alterada Saprolito	Decamilenar
	6	3	10	4	1
B-03	20 m ≤ Altura ≤ 50 m ou Comprimento de 200 a 3000 m	Pequeno < 20 hm ³	Terra	Solo Residual/ Aluvião até 4m	Milenar
	6	3	10	5	2
B-04	20 m ≤ Altura ≤ 50 m ou Comprimento de 200 a 3000 m	Pequeno < 20 hm ³	Terra	Rocha alterada Saprolito	Decamilenar
	6	3	10	4	1
B-05	20 m ≤ Altura ≤ 50 m ou Comprimento de 200 a 3000 m	Pequeno < 20 hm ³	Terra	Rocha alterada Saprolito	Milenar
	6	3	10	4	2
B-06	20 m ≤ Altura ≤ 50 m ou Comprimento de 200 a 3000 m	Pequeno < 20 hm ³	Terra	Solo Residual/ Aluvião até 4m	Milenar
	6	3	10	5	2
B-07	20 m ≤ Altura ≤ 50 m ou Comprimento de 200 a 3000 m	Pequeno < 20 hm ³	Terra	Rocha alterada Saprolito	Milenar
	6	3	10	4	2
B-08	20 m ≤ Altura ≤ 50 m ou Comprimento de 200 a 3000 m	Pequeno < 20 hm ³	Terra	Solo Residual/ Aluvião até 4m	Milenar
	6	3	10	5	2

Fonte: Elaboração própria

Vulnerabilidade:

De acordo com a Tabela 3 localizada no item 2.4 deste trabalho, foi classificado os níveis de vulnerabilidade dos barramentos em estudo.

Os graus de vulnerabilidade do item tempo de operação e existência de projetos (As built) foram obtidos através do questionário de pesquisa utilizado nas entrevistas com os responsáveis pelos barramentos.

Já os itens confiabilidade das estruturas vertedoras, tomada de água, percolação, deformações, afundamentos e sentamentos e por último deterioração dos taludes, tiveram seus níveis de vulnerabilidade classificados de acordo com as inspeções realizadas em campo.

Tabela 6 – Resultados dos níveis de Vulnerabilidade

BARRAMENTO	Tempo de operação	Existência de projeto (As Built)	Confiabilidade das Estruturas Vertedoras	Tomada de Água
B-01	> 30 anos	Só projeto básico	Suficiente	Aceitável
	0	5	6	3
B-02	> 30 anos	Só projeto básico	Satisfatória	Satisfatória controle a montante
	0	5	3	1
B-03	de 5 a 10 anos	Só projeto básico	Suficiente	Satisfatória controle a montante
	2	5	6	1
B-04	de 10 a 30 anos	Só projeto básico	Satisfatória	Satisfatória controle a montante
	1	5	3	1
B-05	> 30 anos	Só projeto básico	Suficiente	Satisfatória controle a montante
	0	5	6	1
B-06	> 30 anos	Só projeto básico	Suficiente	Aceitável
	0	5	6	3
B-07	< 5 anos	Só projeto básico	Satisfatória	Satisfatória controle a montante
	3	5	3	1
B-08	< 5 anos	Só projeto básico	Suficiente	Aceitável
	3	5	6	3

Fonte: Elaboração própria

Tabela 7 – Resultados dos níveis de Vulnerabilidade

BARRAMENTO	Percolação	Deformações afundamentos e sentamentos	Deterioração dos Taludes/Paramentos
B-01	Sinais de umedecimento nas áreas de jusante, taludes ou ombreiras	Inexistente	Falhas no rip-rap e na proteção de jusante
	4	0	3
B-02	Sinais de umedecimento nas áreas de jusante, taludes ou ombreiras	Inexistente	Falhas no rip-rap e na proteção de jusante
	4	0	3
B-03	Sinais de umedecimento nas áreas de jusante, taludes ou ombreiras	Inexistente	Falhas no rip-rap e na proteção de jusante
	4	0	3
B-04	Sinais de umedecimento nas áreas de jusante, taludes ou ombreiras	Inexistente	Falhas no rip-rap e na proteção de jusante
	4	0	3
B-05	Zonas úmidas em taludes de jusante, ombreira, área alagada a jusante devido ao fluxo	Inexistente	Falha nas proteções, drenagens insuficientes e sulcos nos taludes
	6	0	7
B-06	Sinais de umedecimento nas áreas de jusante, taludes ou ombreiras	Inexistente	Falhas no rip-rap e na proteção de jusante
	4	0	3
B-07	Zonas úmidas em taludes de jusante, ombreira, área alagada a jusante devido ao fluxo	Inexistente	Falhas no rip-rap e na proteção de jusante
	6	0	3
B-08	Zonas úmidas em taludes de jusante, ombreira, área alagada a jusante devido ao fluxo	Inexistente	Depressão no rip-rap, escorregamento, sulcos profundos de erosão, vegetação
	6	0	10

Fonte: Elaboração própria

Importância:

Por se tratar de barramentos de pequeno porte, os itens volume útil, população a jusante e custo da barragem foram classificados com os níveis mínimos de importância. De acordo com a Tabela 4 localizada no item 2.4 deste trabalho, estão apresentados os resultados dos níveis de importância de cada um dos barramentos na Tabela 8.

Tabela 8 – Resultados dos níveis de importância

BARRAMENTO	Volume útil hm³	População a jusante	Custo da barragem
B-01	Baixo < 200	Pequena	Pequeno
	1	1	1
B-02	Baixo < 200	Pequena	Pequeno
	1	1	1
B-03	Baixo < 200	Pequena	Pequeno
	1	1	1
B-04	Baixo < 200	Pequena	Pequeno
	1	1	1
B-05	Baixo < 200	Pequena	Pequeno
	1	1	1
B-06	Baixo < 200	Pequena	Pequeno
	1	1	1
B-07	Baixo < 200	Pequena	Pequeno
	1	1	1
B-08	Baixo < 200	Pequena	Pequeno
	1	1	1

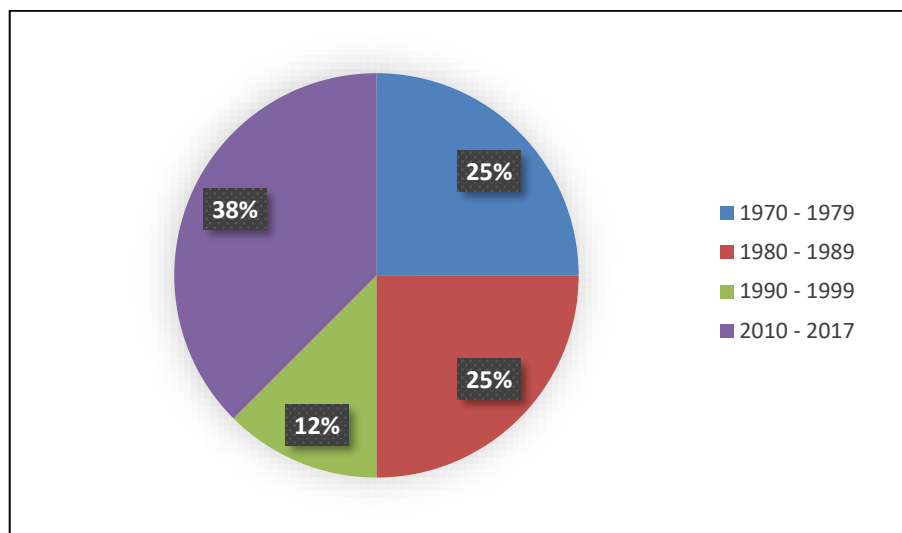
Fonte: Elaboração própria

5 DISCUSSÕES E ANÁLISES DE RESULTADOS

5.1 Histórico e operacionalidade das barragens

Com base nos resultados das entrevistas de campo, apresentados no Quadro 2 localizado no item 4.2 deste trabalho, foi possível coletar informações como o ano de construção dos barramentos em estudo, os quais são mostrados através de intervalos de faixa etária no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Ano de construção dos barramentos em estudo



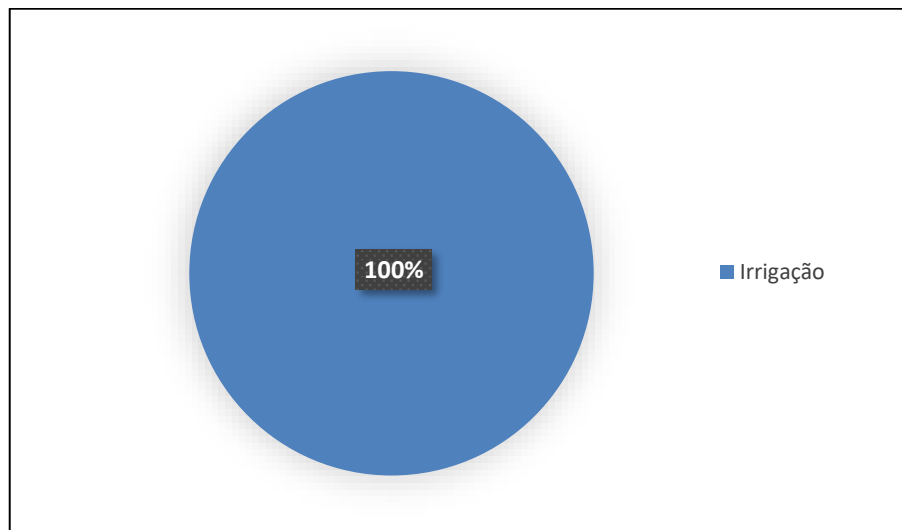
Fonte: Elaboração própria

O Gráfico 1 mostra que o trabalho estudou uma grande diversidade de faixa etária de barramentos, possuindo açudes desde o ano de 1972 até 2014. Dessa forma a faixa de 2010 a 2017 foi a que obteve maior número de barramentos estudados. Com essa diversidade de faixa etária dos açudes, é possível verificar as diferenças entre os processos construtivos durante o passar dos anos.

De acordo com as informações coletadas nas entrevistas, todos barramentos estudados possuem projetos e responsável técnico, sendo este em sua totalidade profissionais de engenharia.

Outra informação muito importante que foi coletada com os responsáveis pelos barramentos, é a finalidade da construção dos barramentos, que estão apresentadas no Gráfico 2, que aponta em sua totalidade a irrigação como finalidade para todos barramentos estudados.

Gráfico 2 – Finalidade de construção do barramento



Fonte: Elaboração própria

Durante a pesquisa com os proprietários foi constatado que em Alegrete/RS e região a finalidade para a construção dos barramentos foi a irrigação, devido a agricultura da região ter o cultivo predominantemente de arroz, soja e pastagem.

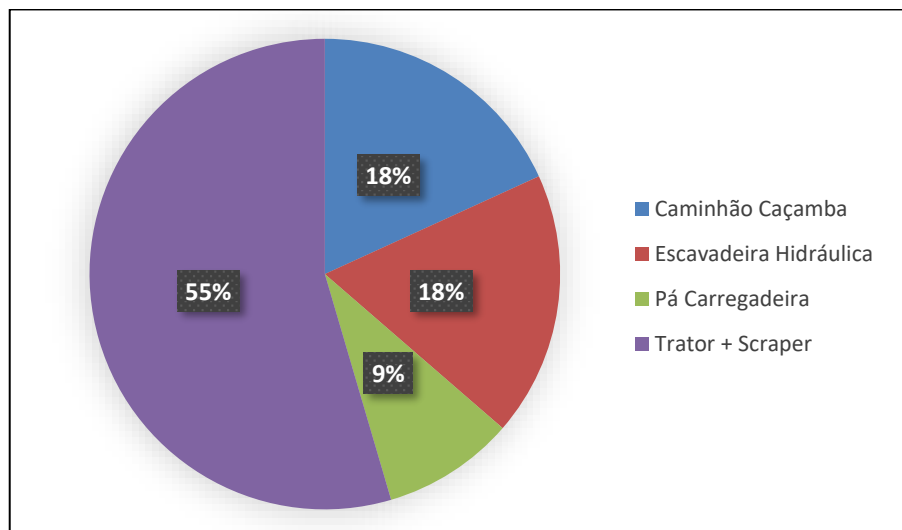
5.2 Serviços de terraplanagem

Com base nos dados levantados neste estudo, percebe-se que os equipamentos e maquinários mais utilizados na movimentação de terra dos barramentos são o conjunto trator + scraper, seguido pelos equipamentos caminhão caçamba, escavadeira hidráulica e pá carregadeira.

Os barramentos que utilizaram o conjunto trator + scraper foram a B-01, B-02, B-05, B-06 e B-07. O barramento B-08 também utilizou o conjunto trator + scraper porém com o auxílio de uma escavadeira hidráulica. Já o açude B-03 utilizou para os serviços de movimentação de terra, os equipamentos como, escavadeira hidráulica e caminhão caçamba. E pôr o açude B-04 utilizou uma pá carregadeira e um caminhão caçamba.

No Gráfico 3 mostra as porcentagens dos equipamentos mais utilizados para os serviços de terraplanagem nas propriedades estudadas.

Gráfico 3 – Equipamentos utilizados nos serviços de terraplanagem



Fonte: Elaboração própria

Em todos barramentos, os materiais utilizados na construção do maciço foram retirados da área alagada, sendo estes em sua maioria uma mistura de solo argiloso com cascalho.

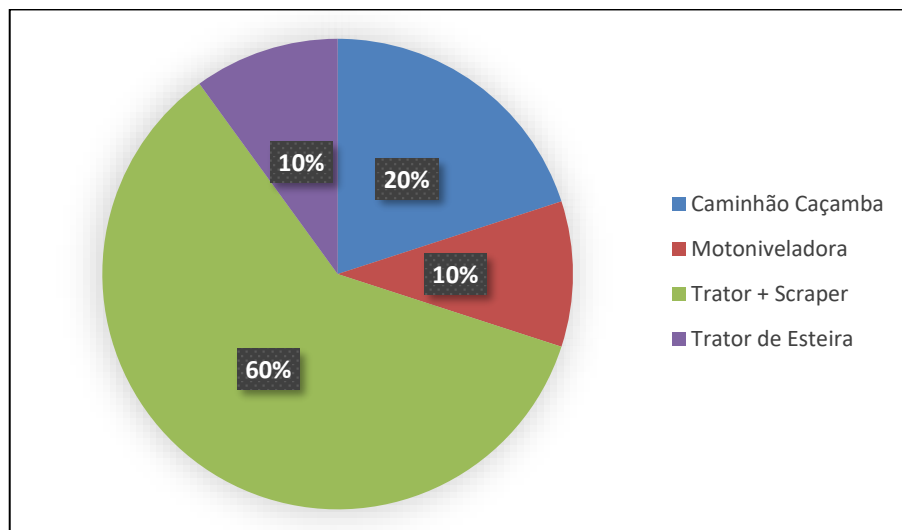
5.3 Compactação dos barramentos

De acordo com os dados obtidos no Quadro 15 localizado no item 4.2 deste trabalho, nota-se que os equipamentos e maquinários mais utilizados na compactação das camadas de solo dos maciços são o conjunto trator + scraper, caminhão caçamba, seguidos do trator de esteira e motoniveladora.

Os barramentos que utilizaram somente o conjunto trator + scraper foram a B-01, B-02, B-05, B-06, B-07 E B-08. O açude B-03 utilizou para os serviços de compactação, os equipamentos caminhão caçamba e trator esteira. O barramento B-04 também utilizou o caminhão caçamba, porém com auxílio de motoniveladora.

No Gráfico 4 é mostrado as porcentagens dos equipamentos mais utilizados para os serviços de compactação das camadas de solo nas propriedades estudadas.

Gráfico 4 – Equipamentos utilizados nos serviços de compactação



Fonte: Elaboração própria

Outro item muito importante é a manutenção dos barramentos, que conforme as informações obtidas no item 4.2 deste trabalho, 6 barramentos já necessitaram de manutenções em sua estrutura. Porém, dos 8 açudes estudados, apenas 3 fazem manutenção preventiva, o que mostra que na maioria dos casos, a manutenção realizada nesses barramentos, não ocorre devido a preservação da vida útil da obra, ou então da prevenção de possíveis patologias, mas sim da recuperação quando o açude está com níveis de anomalias avançados.

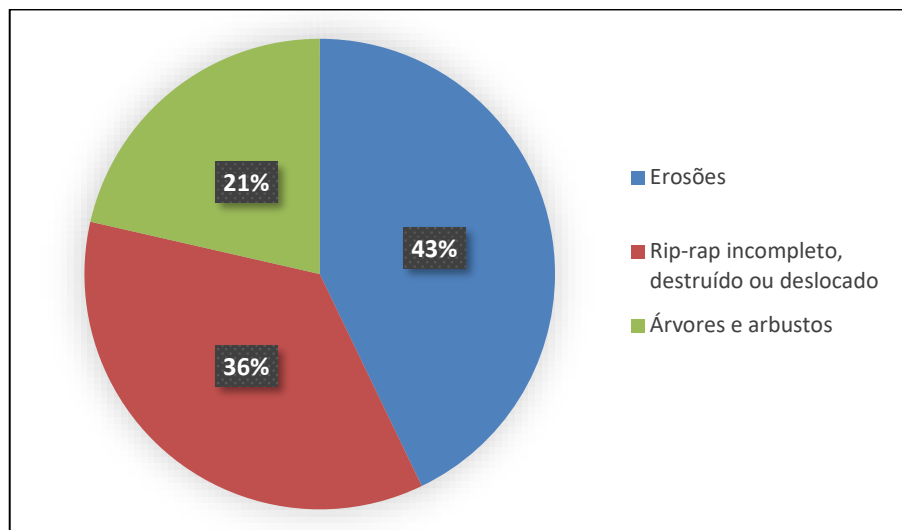
5.4 Patologias dos barramentos estudados

Com base nos resultados obtidos através das inspeções de campo e análises patológicas, apresentados no Item 4.3, é possível fazer uma análise de inspeção do barramento. Dessa forma, considerando os aspectos de talude a montante, coroamento, talude a jusante, área a jusante, instrumentação e vertedouro, apresenta-se a seguir uma análise das principais anomalias encontradas.

Talude a montante:

Realizando um levantamento geral das patologias encontradas nos taludes a montante dos barramentos localizados nas propriedades estudadas obtém-se o Gráfico 5.

Gráfico 5 – Anomalias presentes nos taludes a montante



Fonte: Elaboração própria

Erosões:

A erosão nos taludes a montante foi a anomalia que mais se destacou dentre as outras, onde praticamente todos os barramentos estudados possuíam esta anomalia, exceto nos açudes das propriedades B-07 e B-08.

Foi constatado que esta anomalia geralmente é ocasionada devido a ação das ondas no talude de montante e as variações dos níveis de água, que fazem com que o material fino do maciço seja danificado. Esta anomalia faz com que o barramento perca parte de sua estrutura, podendo afetar as dimensões do coroamento e deslocar o enrocamento, fazendo com que o mesmo fique vulnerável a níveis de erosões conseqüentemente maiores. Visto isso, para evitar esses problemas geotécnicos é necessária uma manutenção adequada repondo o material fino e refazendo a proteção do rip-rap que foram danificados devido a erosão.

Os barramentos que foi constatado estas falhas nos taludes a montante são: B-01, B-02, B-03, B-04, B-05 e B-06. Com base nos resultados do Item 4.3, nota-se por exemplo uma grande diferença entre a magnitude e nível de perigo das Figuras 23 e 24, que apresenta magnitude média e grande, assim como nível de perigo 1 e 2 respectivamente. Percebe-se que a erosão da Figura 23 é pontual e já a da Figura 24 está presente ao longo do talude.

Figura 23 – Erosão no talude a montante da propriedade B-01



Fonte: Elaboração própria

Figura 24 – Erosão no talude a montante da propriedade B-02



Fonte: Elaboração própria

Figura 25 – Erosão no talude a montante da propriedade B-03



Fonte: Elaboração própria

Figura 26 – Erosão no talude a montante da propriedade B-04



Fonte: Elaboração própria

Figura 27 – Erosão no talude a montante da propriedade B-05



Fonte: Elaboração própria

Figura 28 – Erosão no talude a montante da propriedade B-06



Fonte: Elaboração própria

Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado:

A destruição ou deslocamento dos rip-rap estão interligados com as erosões dos taludes a montante. Quando ocorre a erosão é removido o material fino do maciço ou a camada de apoio (transição) do rip-rap, descalçando-o e formando uma depressão quando o rip-rap recalca sobre o espaço vazio. Conseqüentemente para a solução desta anomalia deve-se realizar primeiramente a manutenção dos problemas ocasionados pela erosão, para que depois seja possível refazer o enrocamento do maciço.

Os açudes que apresentaram o rip-rap incompleto, destruído ou deslocado são: B-01, B-02, B-04, B-05 e B-06. Com base nos resultados do Item 4.3, é possível perceber por exemplo uma certa diferença entre a magnitude e nível de perigo das Figuras 30 e 31, que apresentam magnitude média e pequena, assim como nível de perigo 2 e 1 respectivamente.

Figura 29 – Rip-rap do talude a montante da propriedade B-01



Fonte: Elaboração própria

Figura 30 – Rip-rap do talude a montante da propriedade B-02



Fonte: Elaboração própria

Figura 31 – Rip-rap do talude a montante da propriedade B-04



Fonte: Elaboração própria

Figura 32 – Rip-rap do talude a montante da propriedade B-05



Fonte: Elaboração própria

Figura 33 – Rip-rap do talude a montante da propriedade B-06



Fonte: Elaboração própria

Árvores e arbustos:

Observou-se também que em algumas propriedades existiam a presença de árvores e arbustos ao longo do talude a montante. Essa anomalia é ocasionada devido o descuido dos proprietários ou falta de manutenção do barramento. As árvores e arbustos possuem raízes que facilitam os caminhos para a percolação de água, fazendo com que o fluxo de água possa futuramente aumentar a linha freática naquele ponto e ocasionar o surgimento de áreas úmidas ou piping nos taludes a jusante do maciço. Portanto, aconselha-se a remoção destas árvores e arbusto e recompactação do maciço.

Os barramentos que apresentam árvores e arbustos situadas no talude a montante são: B-04, B-05 e B-06. Todos os açudes foram classificados com magnitude pequena e nível de perigo 1.

Figura 34 – Árvores e arbustos no talude a montante da propriedade B-04



Fonte: Elaboração própria

Figura 35 – Árvores e arbustos no talude a montante da propriedade B-05



Fonte: Elaboração própria

Figura 36 – Árvores e arbustos no talude a montante da propriedade B-06

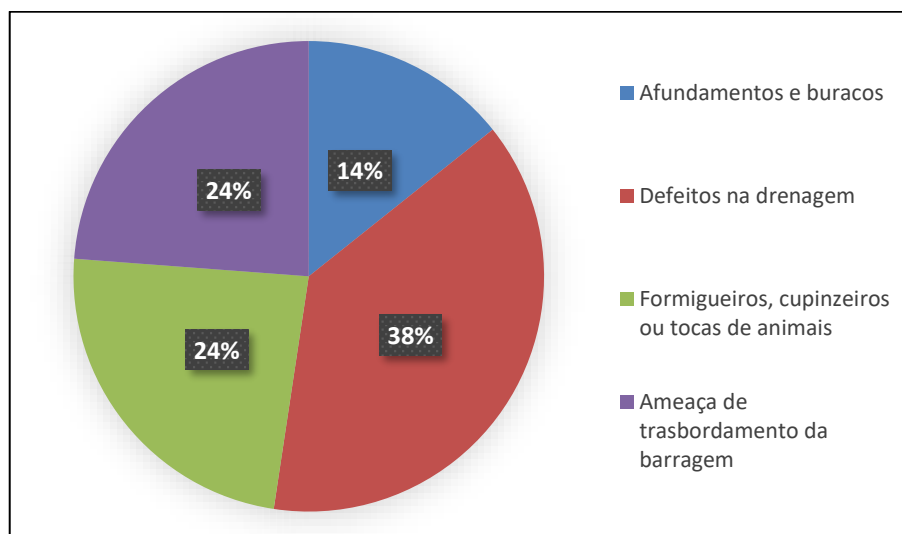


Fonte: Elaboração própria

Coroamento:

Realizando um levantamento geral das patologias encontradas nos coroamentos dos barramentos estudados obtém-se o Gráfico 6 com os seguintes resultados.

Gráfico 6 – Anomalias presentes nos coroamentos



Fonte: Elaboração própria

Afundamentos e buracos:

De acordo com as inspeções em campo, dentre todos barramentos estudados, apenas dois apresentaram esta anomalia, que possivelmente foram ocasionadas devido a passagem de veículos e animais pesados, repetitivamente ao longo do tempo. Outro fator que influencia este problema é a inclinação inadequada e falta de sistema de drenagem do coroamento, fazendo com que a água proveniente da chuva crie suas próprias canaletas para escoamento. Com base no Ministério da

Integração Nacional (2002), uma possível forma de reparar estes problemas é evitar em dias chuvosos a passagem de animais na crista do barramento, além de realizar um sistema de drenagem adequado.

Os barramentos apresentaram afundamentos e buracos, são: B-02, B-06 e B-08, todos eles foram classificados com magnitude pequena e nível de perigo 1.

Figura 37 – Afundamentos e buracos no coroamento da propriedade B-02



Fonte: Elaboração própria

Figura 38 – Afundamentos e buracos no coroamento da propriedade B-06



Fonte: Elaboração própria

Figura 39 – Afundamentos e buracos no coroamento da propriedade B-08



Fonte: Elaboração própria

Defeitos na drenagem:

Defeitos de drenagem foram encontrados em todos barramentos estudados, e o motivo do grande número de açudes com essa anomalia se dá pela inexistência do sistema de drenagem, fazendo com que ocorra outras patologias como afundamentos e buracos na crista e também erosões no talude a jusante do barramento. De acordo com o Ministério da Integração Nacional (2002), uma maneira de se reparar essa anomalia é a instalação de um sistema de drenagem adequado.

A seguir as Figuras 40 e 41, referentes aos barramentos B-01 e B-08, apresentam o acúmulo de água no coroamento devido à falta deste sistema de drenagem, somente foi possível tirar fotos com o acúmulo de água em dois barramentos, porém vale salientar que todos não possuem nenhum sistema de drenagem e estariam expostas aos mesmos problemas que as propriedades mostradas a seguir. Como todos apresentaram a inexistência do sistema de drenagem, os mesmos foram igualmente classificados com magnitude média e nível de 1.

Figura 40 – Defeitos na drenagem do coroamento da propriedade B-01



Fonte: Elaboração própria

Figura 41 – Defeitos na drenagem do coroamento da propriedade B-08



Fonte: Elaboração própria

Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais:

Foram encontrados a presença de formigueiros e toca de animais nos coroamentos de alguns barramentos estudados, são eles: B-02, B-03, B-04, B-05 e B-06. Assim como as patologias ocasionadas pelas raízes das arvores e arbustos, os formigueiros e tocas de animais também facilitam o fluxo de água no interior do maciço. Essa anomalia em níveis avançados pode acarretar na alteração do nível da linha freática naquele ponto e ocasionar o surgimento de áreas úmidas ou piping nos taludes a jusante do maciço. Com base no Ministério da Integração Nacional (2002), uma forma de se evitar este problema é realizar manutenções periódicas para identificação e remoção destas anomalias.

Observa-se que a Figura 43 quando comparada com a Figura 44 possuem uma diferença que está em sua magnitude, as quais foram classificadas como insignificante e pequena e nível de perigo 0 e 1 respectivamente. Essa diferença se dá pelo fato da toca do animal possuir um caminho com diâmetros muito superiores aos das formigas.

Figura 42 – Formigueiro no coroamento da propriedade B-02



Fonte: Elaboração própria

Figura 43 – Formigueiro no coroamento da propriedade B-03



Fonte: Elaboração própria

Figura 44 – Toca de animal no coroamento da propriedade B-04



Fonte: Elaboração própria

Figura 45 – Formigueiro no coroamento da propriedade B-05



Fonte: Elaboração própria

Figura 46 – Formigueiro no coroamento da propriedade B-06



Fonte: Elaboração própria

Ameaça de transbordamento da barragem:

Esse tipo de anomalia requer uma atenção maior, pois com base no Ministério da Integração Nacional (2002), os danos provenientes do galgamento podem levar até o rompimento total do maciço. Com base nas inspeções de campo e nas dimensões de borda livre medidas e apresentadas na Tabela 9, os barramentos que possuem ameaça de transbordamento são B-01, B-02, B-03, B-06 e B-07. O Barramento B-03, Figura 49, além de estar com seu nível de água muito elevado, está localizado abaixo de outra barragem com altura superior a sua.

Segundo Hradilek (2002), a borda livre mínima recomendada dos barramentos de terra pode ser obtida através da máxima distância livre do barramento e tem bordas mínimas de 1 metro para barramentos com distancia menor que 1,5 km e 1,2 metros para barramentos menores que 5 km.

Tabela 9 – Bordas livres medidas dos barramentos

Barramento	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Borda livre	0,7 m	0,8 m	0,5 m	1 m	1,5 m	0,8 m	1 m	2 m
Borda livre recomendada	1,0 m	1,2 m	1,0 m	1,0 m	1,0 m	1,0 m	1,0 m	1,0 m

Fonte: Elaboração própria

Figura 47 – Ameaça de transbordamento da propriedade B-01



Fonte: Elaboração própria

Figura 48 – Ameaça de transbordamento da propriedade B-02



Fonte: Elaboração própria

Figura 49 – Ameaça de transbordamento da propriedade B-03



Fonte: Elaboração própria

Figura 50 – Ameaça de transbordamento da propriedade B-06



Fonte: Elaboração própria

Figura 51 – Ameaça de transbordamento da propriedade B-07

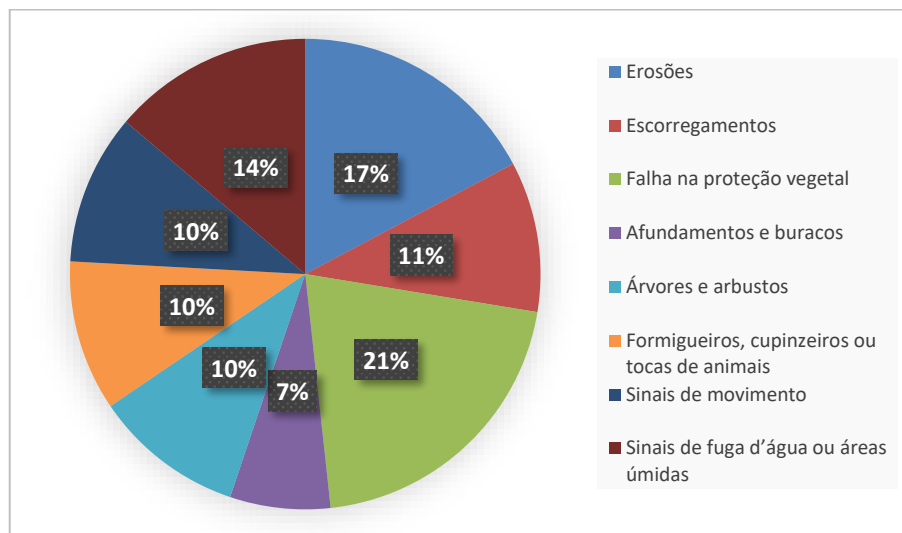


Fonte: Elaboração própria

Talude da jusante:

Conforme as visitas em campo, foi realizado um levantamento geral das patologias encontradas nos taludes a jusante dos barramentos, que estão mostradas no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Anomalias presentes nos taludes a jusante



Fonte: Elaboração Própria

Erosões:

Nas visitas in loco encontrou-se anomalias por erosão nos taludes a jusante, envolvendo a metade dos barramentos inspecionados, sendo eles o B-03, B-04, B-05, B-07 e B-08. Conforme o Ministério da Integração Nacional (2002), essa anomalia pode ocorrer devido diversos problemas, como o galgamento, falha no sistema de drenagem do coroamento e também devido a inexistência ou falha na proteção vegetal do talude a jusante. Uma forma para se prevenir estes problemas é rebaixar o nível de água do reservatório, construir ou dar manutenção nos sistemas de drenagem e proteção vegetal. Vale a pena salientar a diferença entre o barramento da Figura 53 que apresenta pequenas erosões superficiais e tem classificação de magnitude pequena e 0 como nível de perigo, do barramento da Figura 56 que possui grandes sulcos de erosão e classificação de magnitude grande e nível de perigo 2.

Figura 52 – Erosão no talude a jusante da propriedade B-03



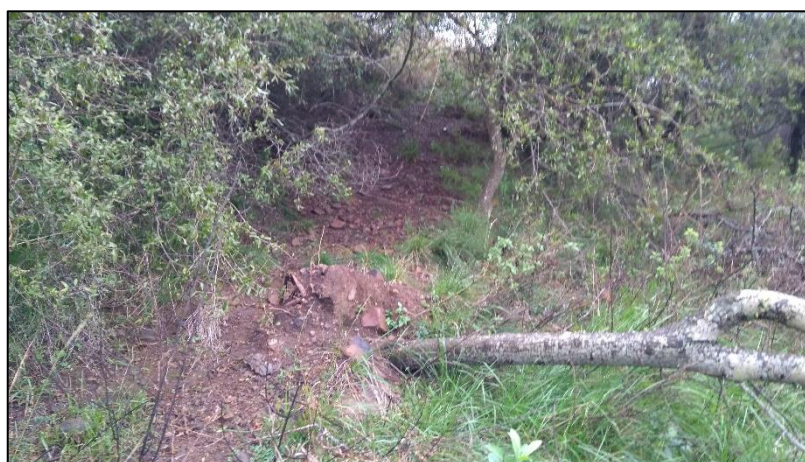
Fonte: Elaboração própria

Figura 53 – Erosão no talude a jusante da propriedade B-04



Fonte: Elaboração própria

Figura 54 – Erosão no talude a jusante da propriedade B-05



Fonte: Elaboração própria

Figura 55 – Erosão no talude a jusante da propriedade B-07



Fonte: Elaboração própria

Figura 56 – Erosão no talude a jusante da propriedade B-08



Fonte: Elaboração própria

Escorregamentos:

Conforme os levantamentos das inspeções somente 3 propriedades tiveram escorregamentos nos taludes a jusante do barramento, que são B-05, B-07 e B-08. Com base no Ministério da Integração Nacional (2002), essa anomalia geralmente é ocasionada devido perda de resistência do maciço atribuída a infiltração de água, compactação inadequada ou falta suporte da fundação. Este problema é de extrema importância, pois oferece perigo de colapso do reservatório devido a perda de material resistente a jusante. Aconselha-se baixar o nível do reservatório até que a reparação adequada seja concluída. A figura 58 mostra um escorregamento classificado com magnitude média e nível de perigo 1 que pode ser comparada com a Figura 59, que possui nível mais elevado de escorregamento, com magnitude grande e nível de perigo 2.

Figura 57 – Escorregamento no talude a jusante da propriedade B-07



Fonte: Elaboração própria

Figura 58 – Escorregamento no talude a jusante da propriedade B-07



Fonte: Elaboração própria

Figura 59 – Escorregamento no talude a jusante da propriedade B-08



Fonte: Elaboração própria

Falha na proteção vegetal:

Nas vistorias constatou-se que em vários barramentos apresentavam esse tipo de anomalia, as únicas propriedades que não tiveram estes problemas foram a B-02 e B-06.

Com base nas inspeções de campo, notou-se que este problema na maioria das vezes ocorre devido à erosão superficial a jusante, que provoca a perda de material e consequentemente vegetação, a falta de manutenção dos barramentos e a inexistência das vegetações adequadas também são fatores que influenciam nestes problemas. Para resolver esta anomalia é necessário realizar o plantio de uma vegetação adequada, fazer inspeções periódicas no barramento para averiguar e replantar as áreas de falha de vegetação nos taludes.

Na figura 60 percebe-se uma pequena falha na proteção vegetal, o que a classifica com magnitude pequena e 1, já por outro lado, na Figura 65, observa-se que praticamente não existe esse sistema de proteção, o que acarretou em outras patologias como a erosão em forma de sulcos devido à chuva, por este motivo a classificação quanto a magnitude e nível de perigo são grande e 2, respectivamente.

Figura 60 – Falha proteção vegetal no talude a jusante da propriedade B-01



Fonte: Elaboração própria

Figura 61 – Falha proteção vegetal no talude a jusante da propriedade B-03



Fonte: Elaboração própria

Figura 62 – Falha proteção vegetal no talude a jusante da propriedade B-04



Fonte: Elaboração própria

Figura 63 – Falha proteção vegetal no talude a jusante da propriedade B-05



Fonte: Elaboração própria

Figura 64 – Falha proteção vegetal no talude a jusante da propriedade B-07



Fonte: Elaboração própria

Figura 65 – Falha proteção vegetal no talude a jusante da propriedade B-08



Fonte: Elaboração própria

Afundamentos e buracos:

Entre todos barramentos estudados os únicos que apresentaram esse problema foram o B-03 e B-08 que estão apresentadas através da Figura 66 e 67.

De acordo com o Ministério da Integração Nacional (2002), essa patologia em muitos casos é ocasionada devido a passagem repetitivamente de animais pesados, criando um caminho ao longo do talude e também devido a rachaduras provocado pelo ressecamento ou contração do material de superfície. Uma das formas de se evitar este problema é evitar a passagem dos animais pelo talude e nos casos das rachaduras, cobrir a área com material bem compactado para manter a superfície seca e a umidade natural.

Comparando as duas figuras percebe-se claramente a diferença de magnitude entre elas, onde a Figura 66 tem magnitude insignificante e nível de perigo 1 e a Figura 67 devido a sua grande rachadura possui uma classificação de magnitude grande e nível de perigo 2.

Figura 66 – Falha proteção vegetal no talude a jusante da propriedade B-03



Fonte: Elaboração própria

Figura 67 – Afundamento ou buracos no talude a jusante da propriedade B-08



Fonte: Elaboração própria

Árvores e arbustos:

Como nos taludes a montante, observou-se também a presença de árvores e arbustos ao longo do talude a jusante de algumas propriedades. Conforme o Ministério da Integração Nacional (2002), essa anomalia é ocasionada devido o descuido dos proprietários ou falta de manutenção do barramento. As árvores e arbustos possuem raízes que facilitam os caminhos para a percolação de água, fazendo com que este fluxo de água possa futuramente aumentar a linha freática naquele ponto e ocasionar o surgimento de áreas úmidas ou piping nos taludes a jusante do maciço. Portanto, aconselha-se a remoção destas árvores e arbusto.

Na Figura 70 podemos perceber uma grande quantidade de árvores ao longo do talude a jusante, o que a classificou como nível de magnitude grande e nível de perigo 2. Já o caso da Figura 68, percebe-se que o barramento possui apenas uma árvore, fazendo com que sua magnitude seja pequena e nível de perigo 1.

Figura 68 – Árvores e arbustos no talude a jusante da propriedade B-02



Fonte: Elaboração própria

Figura 69 – Árvores e arbustos no talude a jusante da propriedade B-04



Fonte: Elaboração própria

Figura 70 – Árvores e arbustos no talude a jusante da propriedade B-05



Fonte: Elaboração própria

Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais:

Como nos coroamentos, observou-se também a presença de formigueiros e tocas de animais no talude a jusante de algumas propriedades. Os formigueiros e tocas de animais facilitam o fluxo de água no interior do maciço. Esta anomalia em níveis avançados, pode acarretar na alteração no nível da linha freática naquele ponto e ocasionar o surgimento de áreas úmidas ou piping nos taludes a jusante do maciço. Uma forma de se evitar este problema é realizar manutenções periódicas para identificação e remoção destas anomalias.

Os barramentos que apresentaram esta anomalia são: B-03, B-04 e B-05. Da mesma maneira que nos coroamentos, ao compararmos um formigueiro como da Figura 71 com uma toca de animal como o da Figura 73, os níveis de magnitude e de perigo serão sempre superiores quando se tratar de toca de animais.

Figura 71 – Formigueiro no talude a jusante da propriedade B-03



Fonte: Elaboração própria

Figura 72 – Toca de animal no talude a jusante da propriedade B-04



Fonte: Elaboração própria

Figura 73 – Toca de animal no talude a jusante da propriedade B-05



Fonte: Elaboração própria

Sinais de Movimento:

A presença de sinais de movimentos foi uma anomalia encontrada nos barramentos B-05, B-07 e B-08 e estão apresentadas através das Figuras 74, 75 e 76 que demonstram cada uma destas falhas.

Comparando A Figura 66 que possui magnitude média e nível de perigo 1, com a Figura 74 que possui várias árvores tombadas e inclinadas, o que demonstra sinal de movimentação e o Figura 76, que possui uma grande rachado no talude a jusante, é certo que sua magnitude e nível de perigo são inferiores.

Figura 74 – Sinais de movimento no talude a jusante da propriedade B-05



Fonte: Elaboração própria

Figura 75 – Sinais de movimento no talude a jusante da propriedade B-07



Fonte: Elaboração própria

Figura 76 – Sinais de movimento no talude a jusante da propriedade B-08



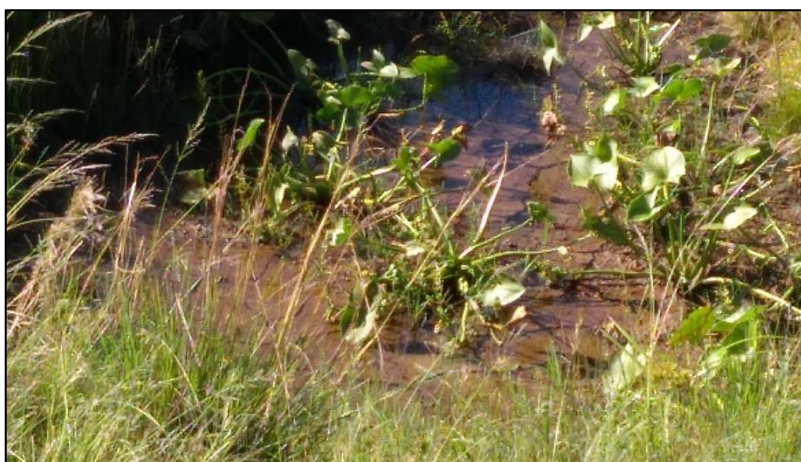
Fonte: Elaboração própria

Sinais de fuga d'água ou áreas úmidas:

Para o Ministério da Integração Nacional (2002), esse problema geralmente é ocasionado por alguma erosão interna devido a falha na compactação do maciço ou em situações onde existam anomalias que facilitam o fluxo de água pelo interior do barramento. A presença de áreas úmidas ou pequenos sinais de fuga d'água mostram que existe um certo fluxo de água passando por dentro do barramento e em casos avançados, esses fluxos se tornam excessivos e podem provocar uma erosão acelerada do material do maciço e a barragem pode ruir.

A presença de fuga d'água e áreas úmidas foi uma anomalia encontrada nos barramentos B-01, B-05, B-07 e B-08. A figura 78 possui magnitude média e nível de perigo 1, já a Figura 79, de acordo com a inspeção em campo foi encontrado presença de áreas úmidas bem próximo ao coroamento o que a classificou também com magnitude média porém nível de perigo 2.

Figura 77 – Fuga d'água e áreas úmidas no talude a jusante da propriedade B-01



Fonte: Elaboração própria

Figura 78 – Área úmida no talude a jusante da propriedade B-05



Fonte: Elaboração própria

Figura 79 – Fuga d'água e áreas úmidas no talude a jusante da propriedade B-07



Fonte: Elaboração própria

Figura 80 – Fuga d'água e áreas úmidas no talude a jusante da propriedade B-08

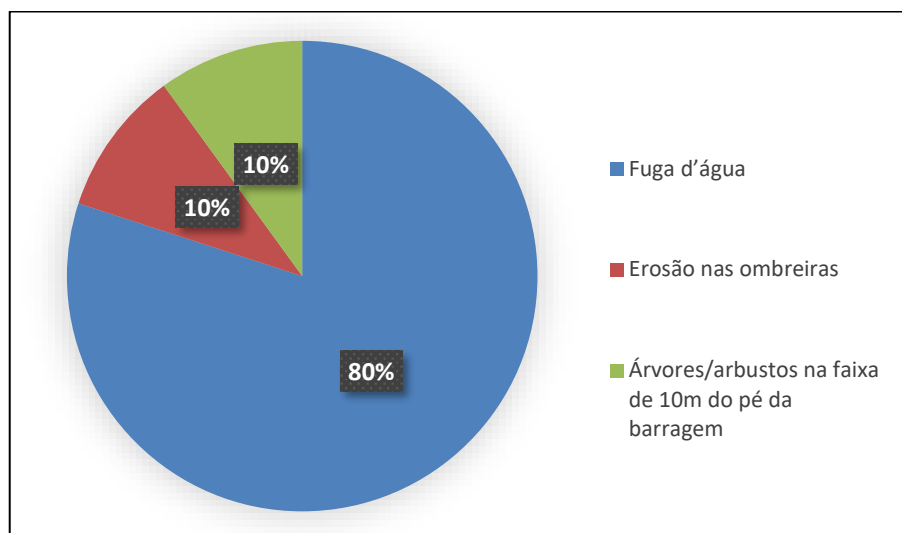


Fonte: Elaboração própria

Região a jusante:

De acordo com as informações coletadas em campo, a patologia que mais se destacou dentre as outras foi a fuga d'água, seguida por erosão nas ombreiras e árvores e arbustos. As porcentagens de cada patologia estão mostradas no Gráfico 8.

Gráfico 8 – Anomalias presentes nas regiões a jusante



Fonte: Elaboração própria

Fuga d'água:

Com base no Ministério da Integração Nacional (2002), essa anomalia mostra uma infiltração excessiva na área devido ao fluxo de água movendo-se rapidamente através do maciço ou fundação. Todos barramentos apresentaram fuga d'água, e a suas magnitudes foram classificadas principalmente como médias e nível de perigo 1. Exceto a Figura 83 que teve magnitude pequena e de perigo 0, pelo motivo da água acumulada ser proveniente dos canais do vertedouro.

Figura 81 – Fuga d'água na região a jusante da propriedade B-01



Fonte: Elaboração própria

Figura 82 – Fuga d'água na região a jusante da propriedade B-02



Fonte: Elaboração própria

Figura 83 – Fuga d'água na região a jusante da propriedade B-03



Fonte: Elaboração própria

Figura 84 – Fuga d'água na região a jusante da propriedade B-04



Fonte: Elaboração própria

Figura 85 – Fuga d'água na região a jusante da propriedade B-05



Fonte: Elaboração própria

Figura 86 – Fuga d'água na região a jusante da propriedade B-06



Fonte: Elaboração própria

Figura 87 – Fuga d'água na região a jusante da propriedade B-07



Fonte: Elaboração própria

Figura 88 – Fuga d'água na região a jusante da propriedade B-08

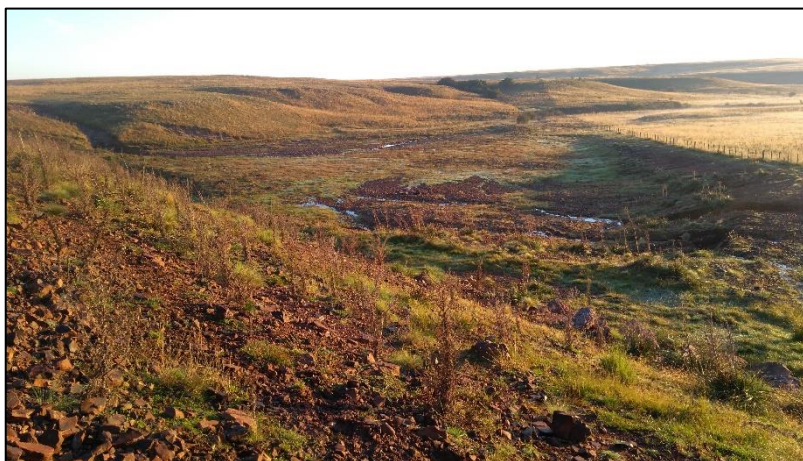


Fonte: Elaboração própria

Erosão nas ombreiras:

Somente um barramento apresentou esse tipo de anomalia, sendo ele o B-07. Com base no Ministério da Integração Nacional (2010), devido principalmente ao escoamento da água de chuva, é possível o aparecimento de erosão nas ombreiras localizadas na região a jusante do barramento. O nível de magnitude adotado para esse açude foi médio e o nível de perigo foi 1.

Figura 89 – Erosão nas ombreiras a jusante da propriedade B-07



Fonte: Elaboração própria

Árvores/arbustos na faixa de 10m do pé da barragem:

Dentre todos barramentos estudados, somente o B-05 apresentou árvores e arbustos na faixa de 10 m do pé da barragem. Com base nas visitas em campo, observou-se que esse problema pode ocasionar dificuldades no acesso adequado às atividades de manutenção e inspeção dos barramentos.

Figura 90 – Árvores/Arbustos na região a jusante da propriedade B-05



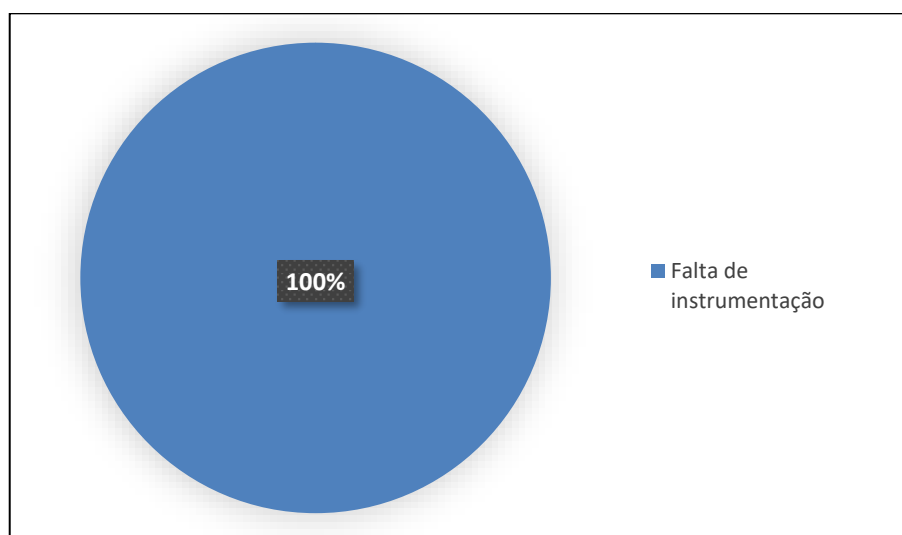
Fonte: Elaboração própria

Instrumentação:

Em todos os barramentos visitados foi encontrado falta de instrumentação, devido a isso podemos perceber no Gráfico 9 que está representa 100% das anomalias.

Devido a falta de instrumentação as outras anomalias deste grupo não poderiam ser estudadas pois dependem da existência destes equipamentos de instrumentação como por exemplo medidores de vazão, marcos de recalque entre outros.

Gráfico 9 – Anomalias de instrumentação



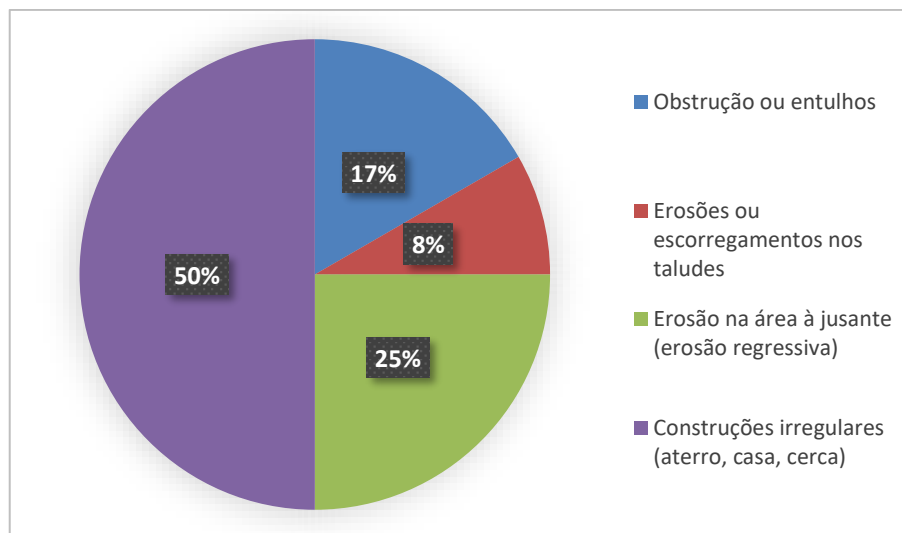
Fonte: Elaboração própria

Possivelmente esta anomalia esteve presente em todos barramentos devido à falta de conhecimento ou interesse dos proprietários sobre o assunto.

Vertedouro:

Realizando um levantamento geral das patologias encontradas nos vertedouros dos barramentos estudados obtém-se o Gráfico 10 que mostra a anomalia construção irregulares com maiores porcentagens, seguida da erosão na área a jusante e obstrução ou entulhos.

Gráfico 10 – Anomalias presentes nos vertedouros



Fonte: Elaboração própria

Obstruções ou entulho:

Essa anomalia foi encontrada somente em dois barramentos sendo eles o B-03 e o B-05. Com base nas inspeções de campo foi observado a presença de obstruções como por exemplo a vegetação excessiva que impede o percurso normal da água no vertedouro. As figuras 91 e 92 mostram os barramentos que possuem essa obstrução e que foram classificados com nível de magnitude pequena e nível de perigo 1.

Figura 91 – Obstruções ou entulho na região a jusante da propriedade B-03



Fonte: Elaboração Própria

Figura 92 – Obstruções ou entulho na região a jusante da propriedade B-05



Fonte: Elaboração Própria

Erosões ou escorregamentos nos taludes:

Conforme as inspeções em campo somente o barramento B-07 apresentou erosão na ou escorregamentos nos taludes. De acordo com Ministério da Integração Nacional (2002), devido chuvas intensas o escoamento superficial nos vertedouros carrega consigo material erodido, o que resulta em depressões não-combatidas que podem provocar deslizamentos ou desabamentos dos taludes laterais que resultará na redução da capacidade de vazão do sangradouro.

Figura 93 – Erosões ou escorregamentos do vertedouro da propriedade B-07



Fonte: Elaboração própria

Erosão na área a jusante:

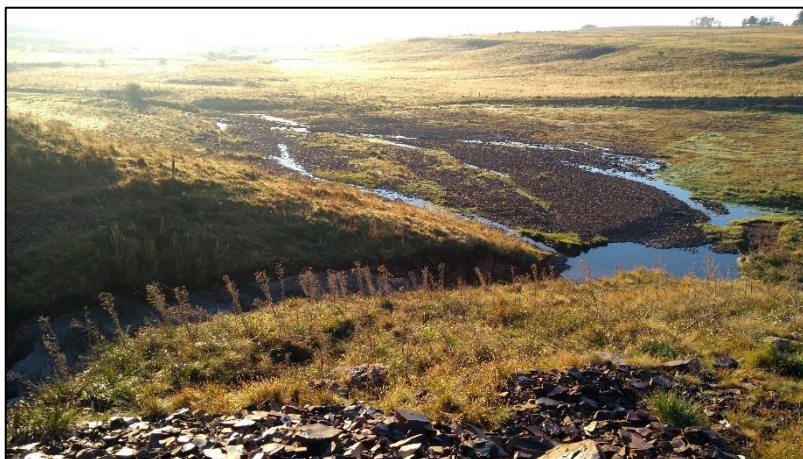
Os barramentos que apresentaram essa anomalia foram: B-05, B-07 e B-08. Conforme o Ministério da Integração Nacional (2002), na saída do canal de restituição, pode aparecer erosão regressiva, que se desenvolve de jusante para montante, principalmente na base do canal.

Figura 94 – Erosões regressivas do vertedouro da propriedade B-05



Fonte: Elaboração própria

Figura 95 – Erosões regressivas do vertedouro da propriedade B-07



Fonte: Elaboração própria

Figura 96 – Erosões regressivas do vertedouro da propriedade B-08



Fonte: Elaboração própria

Construções irregulares:

De acordo com as visitas in loco foi averiguado que praticamente todos barramentos das propriedades estudadas apresentavam construções irregulares como por exemplo cercas e aterro o que interfere diretamente no nível de água dos açudes, uma vez que a vazão vertente está sendo obstruída por estas construções. Com base nas inspeções de campo, foi possível observar que geralmente os próprios proprietários colocam um aterro no vertedouro para que seja possível acumular um maior volume de água nas épocas de plantio, o que acarreta na presença de outras patologias e também até no risco de galgamento em dias de chuvas intensas acompanhadas de vento.

De acordo com as inspeções foi observado que uma maneira de resolver esse problema, é realizar uma manutenção frequente nos vertedouros que possuem cerca, removendo todo o material preso na mesma. Já para os casos que inseriram aterro para aumentar o volume de água acumulado,

é ideal instruir estes proprietários a manter o sangradouro com as dimensões de projeto para que futuramente não ocorra nenhum desastre.

Figura 97 – Aterro no vertedouro da propriedade B-01



Fonte: Elaboração própria

Figura 98 – Cerca no vertedouro da propriedade B-02



Fonte: Elaboração própria

Figura 99 – Aterro no vertedouro da propriedade B-03



Fonte: Elaboração própria

Figura 100 – Construção irregular no vertedouro da propriedade B-04



Fonte: Elaboração própria

Figura 101 – Aterro e vegetação no vertedouro da propriedade B-05



Fonte: Elaboração própria

Figura 102 – Aterro e vegetação no vertedouro da propriedade B-06



Fonte: Elaboração própria

Figura 103 – Aterro e vegetação no vertedouro da propriedade B-07



Fonte: Elaboração própria

Figura 104 – Aterro no vertedouro da propriedade B-08



Fonte: Elaboração própria

5.5 Avaliação do potencial de risco

O grau de periculosidade (P), compõe um primeiro conjunto de parâmetros ou características técnicas de projeto, que são: dimensão da barragem, vol. total do reservatório, tipo de barragem, tipo de fundação, vazão de projeto.

Os resultados finais referentes ao grau de periculosidade de cada um dos barramentos são obtidos através do somatório de cada um dos níveis de periculosidade que foram apresentados na Tabela 5 localizada no item 4.4 deste trabalho.

A Tabela 10 a seguir apresenta o grau de periculosidade de cada um dos barramentos.

Tabela 10 – Resultados do grau de periculosidade por barramento

Barramento	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Periculosidade	25	24	26	24	25	26	25	26

Fonte: Elaboração própria

Com este somatório podemos classificar seu nível, sendo este elevado para (P) maior que 30, significativo para (P) entre 20 e 30 e baixo a moderado para (P) entre 10 e 20.

Todos barramentos se enquadraram no intervalo de 20 a 30, o que representa que todos estão classificados com nível significativo no que se diz respeito a periculosidade.

Um segundo conjunto, envolvendo aspectos relacionados com o estado atual da barragem, com a sua história e com a operacionalidade e/ou facilidade de manutenção de suas estruturas hidráulicas, permite avaliar o grau de Vulnerabilidade (V) atual.

A Tabela 11 a seguir apresenta o grau de vulnerabilidade de cada um dos barramentos.

Tabela 11 – Resultados do grau de vulnerabilidade por barramento

Barramento	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Vulnerabilidade	21	16	21	17	25	21	21	33

Fonte: Elaboração própria

Com este somatório podemos identificar seu nível, sendo este elevado para (V) maior que 35, moderada a elevada para (V) entre 20 e 35, baixo a moderado para (V) entre 5 e 20 e muito baixa para (V) menor que 5.

Os barramentos B-02 e B-04 se enquadram no intervalo de 5 a 20, sendo classificado com nível baixo a moderado e todos outros se enquadravam no intervalo de 20 a 35, o que representa um nível de classificação moderada a elevada.

O terceiro conjunto, Importância (I), reúne parâmetros que, por seu vulto ou magnitude, conferem o valor estratégico associável à barragem no caso de eventual ruptura. A média dos parâmetros volume útil, população a jusante e custo da barragem resulta no grau de importância de cada um dos barramentos.

A Tabela 12 a seguir apresenta o grau de importância de cada um dos barramentos.

Tabela 12 – Resultados do grau de importância por barramento

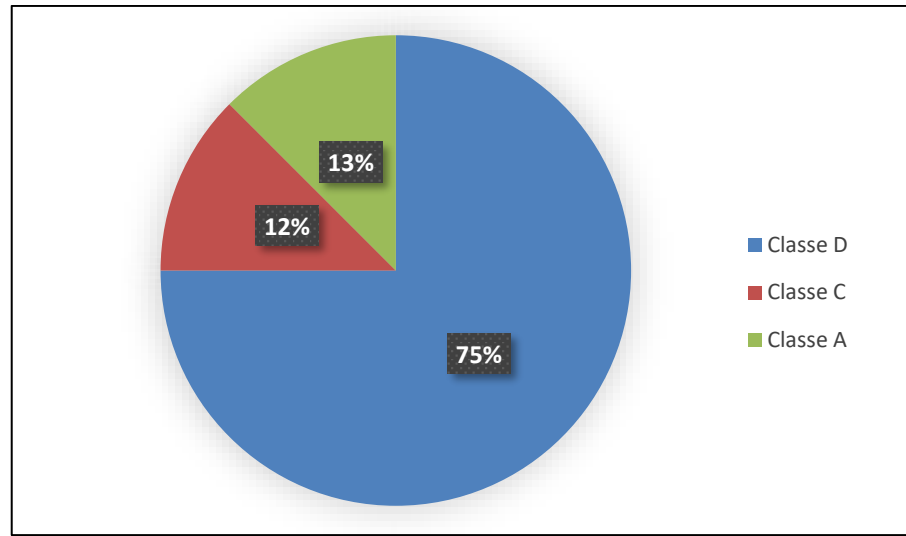
Barramento	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Importância	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Elaboração própria

Finalmente, com os dados obtidos anteriormente é possível calcular o Potencial de Riscos (PR) que sugere a classificação da barragem segundo o nível de risco à sua segurança demonstrado no Quadro 1 localizado no item 2.4 deste trabalho. Essa classificação está associada a índices do Potencial de Risco (PR) e de Vulnerabilidade (V).

O Gráfico 11, apresenta as porcentagens de barramentos de acordo com as classes de riscos.

Gráfico 11 – Classificação do potencial de risco



Fonte: Elaboração própria

Percebe-se que a maioria dos barramentos se enquadram na “classe D”, que representa um baixo potencial de risco, que por se tratar de açudes de pequeno porte, essa classificação de risco mais baixa já era de certa forma esperada, 6 barramentos se enquadraram nesta classe, foram eles: B-01, B-02, B-03, B-04, B-06 e B-07. O barramento B-05 se enquadrou na “classe C”, que significa um potencial de risco normal.

Já o caso mais preocupante entre todos barramentos estudados, foi o açude B-08, que se considerássemos apenas sua pontuação, ele também se enquadraria na “classe C”, porém por possuir nível máximo em um dos itens de vulnerabilidade, no caso o item deterioração de taludes, automaticamente segundo a matriz potencial de risco, este barramento já é determinado como risco potencial alto, se enquadrando na “classe A” de riscos.

6 CONCLUSÕES

Com relação ao levantamento do processo histórico construtivo dos barramentos na área rural de Alegrete/RS e região, conclui-se que o equipamento trator com scraper foi o mais utilizado para os serviços de construção de açudes geotécnicos de pequeno porte, cuja finalidade é a irrigação, devido a agricultura da região ter o cultivo predominantemente de arroz, soja e pastagem.

De acordo com as inspeções em campo, observou-se que a maioria dos barramentos aproveitavam sua borda livre para uso de reservatório de água, gerando risco de galgamento e presença de anomalias.

Com base nos levantamentos patológicos realizados nos barramentos da cidade e região, pode-se concluir que na maioria das situações, o descuido e falta de manutenção foram as principais causas dos surgimentos das anomalias.

De todos barramentos estudados, o que apresentou anomalias em estado de risco mais avançado, foi o açude B-08 e, por este motivo classificou-se como potencial de risco “alto”.

Com base nos resultados deste trabalho, realizar inspeções e monitoramento dos barramentos são de extrema importância, pois ter um controle eficiente dessas condições, mantém a vida útil de uma barragem ou açude por um maior intervalo de tempo, preserva o bom estado das estruturas e consequentemente diminui a chance de danos.

Embora os barramentos estudados neste trabalho estejam em áreas rurais e sejam classificados como de pequeno porte, é de extrema importância para a prevenção dos agricultores responsáveis, saber qual o potencial de risco dos barramentos.

Finalmente, este trabalho possibilitou registrar quais anomalias foram encontradas nos barramentos estudados e também qual o estágio em que elas se encontram, bem como o levantamento dos processos construtivos mais utilizados.

SUGESTÕES

Recomenda-se a realização de futuros trabalhos que permitam conhecer as características geotécnicas do maciço para cada um dos barramentos pesquisados neste estudo.

Realizar novas inspeções patológicas nos barramentos, isso com o intuito de avaliar o desenvolvimento das patologias quanto a sua magnitude ou também possíveis medidas de manutenção realizadas;

Estudar a eficiência de uso para fins de compactação dos equipamentos utilizados na construção dos barramentos pesquisados

REFERÊNCIAS

- CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações, volume 1**. Rio de Janeiro, Ed. LTC, 2011.
- CARVALHO, J. A. **Dimensionamento de pequenas barragens para irrigação**. Lavras, Ed. UFLA, 2008.
- COSTA, W. D. **Geologia de barragens**. São Paulo, Ed. Oficina de Textos, 2012.
- CRUZ, P. T. **100 barragens brasileiras: casos históricos, materiais de construção e projeto**. São Paulo, Ed. Oficina de Textos, 1996.
- DINIZ, G. R.; PEREIRA, T. A.; ROLIM, F. A. Uma contribuição para a auditoria em pequenas barragens de terra: Pontos críticos de análise. **Instituto Brasileiro de Auditoria de Engenharia**, [S.I.], 2011.
- ELRICK, D.E., W.D. Reynolds and K.A. Tan. **Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analyses**. Ground Water Monit. Rev. Vol. 9, No. 3. 1989.
- FIORI, A. P.; CARMIGNAMI, L. **Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: aplicações na estabilidade de taludes**. 2ª Ed.rev. e ampl. Curitiba: Ed. UFPR, 2009. 604 p.
- LISBOA, R.L.L. **Determinação da Condutividade Hidráulica não Saturada de Solos Residuais com o Permeâmetro Guelph e Ensaio de Laboratório**. Tese de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Viçosa, Minas Gerais, 2006.
- QUEVEDO, J. C. **Estudo do comportamento hidráulico de solos compactados para o uso em barramentos de pequeno porte**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agrícola, 2015.
- MASSAD, F. **Obras de terra – curso básico de geotecnia - 2ª edição**. São Paulo, Ed. Oficina de Textos, 2010.
- MATOS, A. T.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. **Barragens de terra de pequeno porte**. Viçosa, Ed. UFV, 2012.

PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos – 3ª edição**. São Paulo, Ed. Oficina de Textos, 2006.

RAGAB, R.; COOPER J. D. Variability of unsaturated zone water transport parameters: Implications for hydrological modelling.1. In situ measurements. *Journal of Hydrology*. v.148, 1990. p.109-131

STEPHENS, T. **Manual sobre pequenas barragens de terra. Guia para a localização, projeto e construção**. Publicação da FAO sobre rega e drenagem 64, 2011.

CARMO, P. I. O. **Gerenciamento de edificações: proposta de metodologia para o estabelecimento de um sistema de manutenção de estruturas de concreto armado**. 2000. Dissertação (Mestrado em Patologia das Construções) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Brasília, 2002.

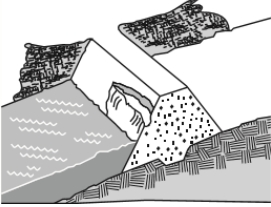
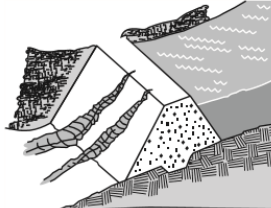

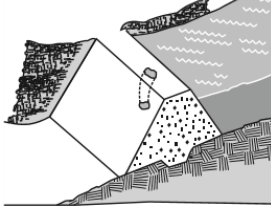
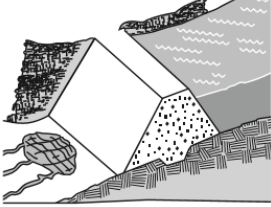

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem**. Brasília, 2010.

SOUZA, A. N; SANTOS. O. F; SEVERO, R. N; SOUZA, P. L; FONTOURA, T. B; NETO, O. F. **Avaliação das Condições de Segurança de Barragens da Região do Seridó do Estado do Rio Grande do Norte - Cobramseg - Belo Horizonte, 2016.**

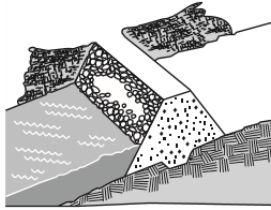
ARAÚJO, C. C. **Análise de riscos em barragens de abastecimento de água da grande João Pessoa-PB**. 2014. 81f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Paraíba - João Pessoa, 2014.

HRADILEK, P. J. **Avaliação de pequenas barragens**. Brasília, Bureau of Reclamation, 2002.

ANEXO A – Principais anomalias encontradas em barramentos de terra

ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
<p>DESGLIZAMENTOS, AFUNDAMENTOS OU ESCORREGAMENTOS</p> 	<p>Terra ou pedras deslizaram pelo talude devido a sua inclinação exagerada ou ao movimento da fundação. Também podem ocorrer deslizamentos devido a movimentos de terra na bacia do reservatório.</p>	<p>Perigo. Uma série de deslizamentos podem provocar a obstrução da tomada d'água ou ruptura da barragem.</p>	<p>Avaliar a extensão do deslizamento. Monitorar o nível do reservatório se a segurança da barragem estiver ameaçada. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.</p>
<p>EROSÃO</p> 	<p>Água das chuvas carregam material da superfície do talude, resultando numa calha/vala contínua.</p>	<p>Pode ser perigosa se continuar. A erosão pode provocar eventual deterioração do talude de jusante e, posteriormente, a ruptura da estrutura.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O método preferido de proteção de áreas erodidas é a colocação de pedras de <i>rip-rap</i>. 2. Refazer a grama de proteção caso o problema seja detectado no início.
<p>ÁRVORES/ARBUSTOS</p> 	<p>Vegetação natural da área.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Raízes de árvores grandes podem criar caminhos para passagem de água. 2. Arbustos podem dificultar inspeções visuais e abrigar roedores. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remover as raízes das árvores grandes. 2. Controlar a vegetação no maciço que dificulte as inspeções visuais.
<p>BURACOS DE ANIMAL</p> 	<p>Grande quantidade de roedores. Buracos, túneis e cavernas são causadas por animais roedores. Certos habitats, com alguns tipos de plantas e árvores, próximos ao reservatório encorajam estes animais.</p>	<p>Pode reduzir o caminho de percolação da água e provocar o <i>piping</i>. Se existir túneis na maior parte da barragem, pode ocorrer a ruptura desta.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Controlar roedores para prevenir maiores danos. 2. Tampar buracos existentes. 3. Remover roedores. Determinar o exato local da escavação e extensão do túnel. Remover o habitat e reparar danos.
<p>ÁREAS ENCHARCADAS A JUSANTE DA BARRAGEM</p> 	<p>Água movendo-se rapidamente através do maciço ou fundação está sendo controlada ou contida por um sistema gramado de raízes bem estabelecido.</p>	<p>Condição mostra uma infiltração excessiva na área. Se o sistema de raízes for destruído, ocorrerá uma erosão rápida no material da fundação, o que resultará na ruptura da barragem.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspecionar cuidadosamente a área e averiguar a quantidade de fluxo e o transporte de materiais. 2. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
<p>TRÁFEGO DE GADO/ANIMAIS DOMÉSTICOS</p> 	<p>Tráfego excessivo de animais especialmente danoso quando o talude está molhado.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cria áreas com baixa proteção contra a erosão. 2. Permite que a água acumule-se em determinados locais. 3. Área suscetível a rachaduras por ressecamento. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cercar a área de fora da barragem. 2. Reparar a proteção contra erosão com <i>rip-rap</i> ou grama.

RIP-RAP INCOMPLETO, DESTRUÍDO OU DESLOCADO

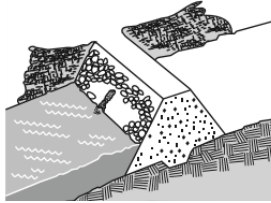


Rip-rap de baixa qualidade se deteriorou. Ação das ondas desprotegidas diminui a largura do maciço da barragem.

Ação das ondas nestas áreas desprotegidas diminui a largura do maciço da barragem.

Reestabelecer o talude normal. Colocar rip-rap competente.

EROSÃO POR TRÁS DO RIP-RAP MAL GRADUADO

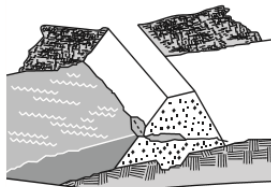


Pedras de tamanhos similares permitem que as ondas passem entre elas e erodam pequenas partículas de pedregulhos e solo.

Solo é erodido por trás do rip-rap. Isto permite que o rip-rap assente, fornecendo uma menor proteção e diminuindo a largura da barragem.

Reestabelecer uma proteção eficiente do talude. ENGENHEIRO NECESSÁRIO para designar o tamanho e a graduação das pedras do rip-rap. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas.

SUMIDOUROS

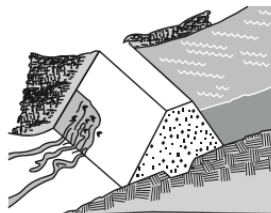


Piping ou erosão interna no material do maciço da barragem ou fundação dá origem a um sumidouro. O desabamento de uma caverna erodida pode resultar num sumidouro.

Piping ou erosão interna no material do maciço da barragem ou fundação dá origem a um sumidouro. O desabamento de uma caverna erodida pode resultar num sumidouro.

Inspeccionar outras partes da barragem procurando infiltrações ou mais sumidouros. Identificar a causa exata do sumidouro. Checar a água que sai do reservatório para constatar se ela está suja. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.

VAZAMENTOS VINDO DAS OMBREIRAS

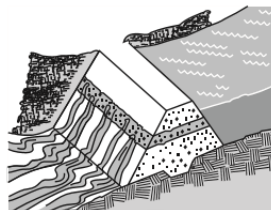


Água movendo-se através de rachaduras ou fissuras nos materiais da ombreira.

Pode provocar uma erosão rápida na ombreira e o esvaziamento do reservatório. Pode provocar deslizamentos próximos ou a jusante da barragem.

1. Inspeccionar cuidadosamente a área para determinar a quantidade do fluxo e do material transportado.
2. Um engenheiro qualificado ou um geólogo deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.

ÁREA MOLHADA EM FAIXA HORIZONTAL



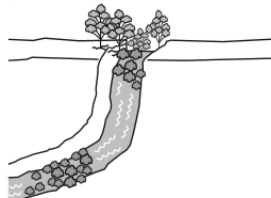
Problema no material usado na construção.

Perigo.

1. As áreas molhadas abaixo, da área onde está ocorrendo a infiltração pode provocar uma instabilidade no maciço.
2. Fluxos excessivos podem provocar uma erosão acelerada do material do maciço e a barragem pode ruir.

1. Determinar o mais próximo possível o fluxo que está sendo produzido.
2. Se o fluxo aumentar, o nível do reservatório deve ser reduzido até o fluxo se estabelecer ou parar.
3. Demarcar a área envolvida.
4. Tentar identificar o material que está permitindo o fluxo.
5. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.

VEGETAÇÃO EXCESSIVA OU DETRITOS NO CANAL

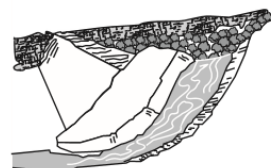


Acúmulo de sedimentos, árvores mortas, crescimento vegetativo excessivo etc., no canal do sangradouro.

Redução da capacidade de descarga; inundação do sangradouro; transbordamento da barragem. O transbordamento prolongado pode causar a ruptura da barragem.

Retirar os detritos periodicamente; controlar o crescimento vegetativo no canal do sangradouro. Instalar uma rede de proteção na entrada do sangradouro para interceptar detritos.

CANAIS ERODIDOS



Escoamento superficial de chuvas intensas carrega material de superfície talude abaixo, o que resulta em depressões/canais contínuos. O tráfego de animais cria erosões profundas onde a concentração de fluxo varia.

Erosões não-combatidas podem provocar deslizamentos ou desabamentos que resultam na redução da capacidade do sangradouro. A capacidade inadequada do sangradouro pode provocar o transbordamento da barragem e resultar na ruptura desta.

Fotografar o problema. Reparar a área com danos substituindo o material erodido por aterro compactado. Proteger a área contra futuras erosões colocando um bom rip-rap. Revegetar a área se apropriado. Chamar a atenção do engenheiro para o problema na próxima inspeção.

ANEXO B – Questionário de Pesquisa

INFORMAÇÕES GERAIS
1 - Nome da Propriedade:
2 - Código da Barragem:
3 - Coordenadas: _____° _____' _____"(N)(S) _____° _____' _____" O
4 - Município/Estado:

Em que ano foi construída a barragem?

Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Qual a finalidade da construção do barramento?

Irrigação Piscicultura Outro: Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Foi realizado algum tipo de projeto para a construção do barramento?

Sim Não

Houve acompanhamento nas etapas de construção da barragem?

Sim Não

Qual profissional acompanhou a obra?

Engenheiro Técnico Outro: Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Qual foi o tempo total de construção da barragem?

Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Foi utilizado mais de um tipo de material para a construção da barragem?

Sim Não Quantos: Cascalho e argila

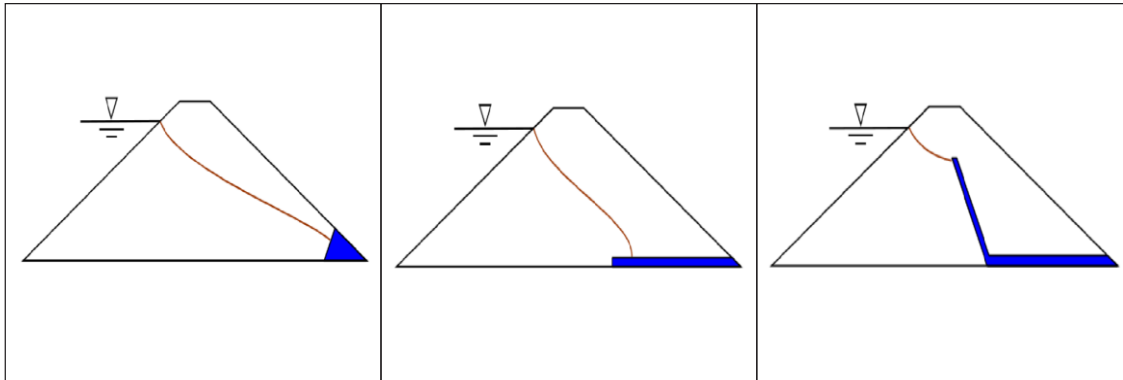
De onde foram retirados esses materiais de empréstimo?

Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Existe algum sistema de filtro na barragem?

Sim Não

Caso sim, qual tipo de filtro foi utilizado?



Dreno de pé

Tapete drenante

Filtro inclinado/vertical

Houve processo de compactação na construção da barragem?

Sim Não

Com quais espessuras foram dispostas as camadas de solos a serem compactadas?

10 a 15 cm 16 a 20 cm 21 a 30 cm 31 a 40 cm Maior que 40 cm

Quais equipamentos foram utilizados na disposição das camadas de solo na área do barramento?



Escavadeira Hidráulica

Pá Carregadeira

Trator de esteira



Retroescavadeira

Trator + Scraper

Outro: Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Quais equipamentos foram utilizados para a compactação da barragem?



Escavadeira Hidráulica

Pá Carregadeira

Trator de esteira



Rolo Pé de Carneiro

Rolo Pé Compressor

Scraper



Retroescavadeira

Trator + Scraper

Outro: Clique ou toque aqui para inserir o texto.

A barragem já necessitou de alguma manutenção?

Sim Não Qual: Clique ou toque aqui para inserir o texto.

É realizado manutenção preventiva?

Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Caso sim, com qual frequência?

Clique ou toque aqui para inserir o texto.

ANEXO C – Ficha para inspeção de barragem de terra

DADOS GERAIS - CONDIÇÃO ATUAL		
1 – Nome da Barragem:		
2 - Coordenadas: ___° ___' ___”(N)(S) ___° ___' ___” O		Datum:
3 - Município/Estado:		
4 - Vistoriado Por:		Assinatura:
5 - Data da Vistoria: / /		Vistoria N.º: /
6 - Cota atual do nível d'água:		

Legenda:

SITUAÇÃO:	MAGNITUDE:	NÍVEL DE PERIGO (NP)
NA – Este item Não é Aplicável	I - Insignificante	0 - Nenhum
NE – Anomalia Não Existente	P - Pequena	1- Atenção
PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez	M - Média	2- Alerta
DS – Anomalia Desapareceu	G- Grande	3- Emergência
DI – Anomalia Diminuiu		
PC – Anomalia Permaneceu Constante		
AU – Anomalia Aumentou		
NI – Este item Não foi Inspeccionado (Justificar)		

SITUAÇÃO:

NA – Este item Não é Aplicável: O item examinado não é pertinente à barragem que esteja sendo inspecionada.

NE – Anomalia Não Existente: Quando não existe nenhuma anomalia em relação ao item que esteja sendo examinado.

PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez: Quando da visita à barragem, aquela anomalia for constatada pela primeira vez, não havendo indicação de sua ocorrência nas inspeções anteriores.

DS – Anomalia Desapareceu: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia verificada na inspeção anterior não mais esteja ocorrendo.

DI – Anomalia Diminuiu: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com menor intensidade ou dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, conforme pode ser verificado pela inspeção ou informado pela pessoa responsável pela barragem.

PC – Anomalia Permaneceu Constante: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com igual intensidade ou a mesma dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, conforme pode ser verificado pela inspeção ou informado pela pessoa responsável pela barragem.

AU – Anomalia Aumentou: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com maior intensidade, ou dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, capaz de ser percebida pela inspeção ou informada pela pessoa responsável pela barragem.

NI – Este item Não foi Inspeccionado: Quando um determinado aspecto da barragem deveria ser examinado e por motivos alheios à pessoa que esteja inspecionando a barragem, a inspeção não foi realizada.

MAGNITUDE:

I - Insignificante: Anomalia que pode simplesmente ser mantida sob observação pela equipe local da barragem

P - Pequena: Anomalia que pode ser resolvida pela própria equipe local da barragem.

M - Média: Anomalia que pode ser resolvida pela equipe local da barragem com apoio da equipe sede do empreendedor ou apoio externo.

G - Grande: Anomalia que só pode ser resolvida com apoio da equipe da sede do empreendedor ou apoio externo.

NÍVEL DE PERIGO DA ANOMALIA:

0 - Nenhum: não compromete a segurança da barragem, mas que pode ser entendida como descaso e má conservação.

1 - Atenção: não compromete a segurança da barragem a curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo.

2 - Alerta: risco a segurança da barragem, devem ser tomadas providências para a eliminação do problema.

3 - Emergência: risco de ruptura iminente, situação fora de controle.

COD	LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO										MAGNITUDE	NP
-----	------------------------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------	----

B.	BARRAGEM													
----	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

B.1	TALUDE DE MONTANTE													
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Rachaduras/afundamento (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

B.2	COROAMENTO													
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Falta de revestimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Falha no revestimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Defeitos na drenagem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Defeitos no meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Desalinhamento do meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
12	Ameaça de trasbordamento da barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

B.3 <i>TALUDE DE JUSANTE</i>														
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Rachaduras/afundamento (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Falha na proteção granular	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falha na proteção vegetal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Cavernas e buracos nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
12	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
13	Sinais de fuga d'água ou áreas úmidas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
14	Carreamento de material na água dos drenos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

B.4 <i>REGIÃO A JUSANTE DA BARRAGEM</i>														
1	Construções irregulares próximas ao leito do rio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Fuga d'água	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Erosão nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Cavernas e buracos nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Árvores/arbustos na faixa de 10m do pé da barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

B.5 <i>INSTRUMENTAÇÃO</i>														
1	Acesso precário aos instrumentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Piezômetros entupidos ou defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Marcos de recalque defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Medidores de vazão de percolação defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falta de instrumentação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Falta de registro de leituras da instrumentação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Deficiência no poço de alívio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

C.	SANGRADOURO / VERTEDOURO / LADRÃO EM TERRA													
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

C.1 CANAIS DE APROXIMAÇÃO E RESTITUIÇÃO														
1	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Obstrução ou entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Desalinhamento dos taludes e muros laterais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Erosões ou escorregamentos nos taludes	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Erosão na base dos canais escavados	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Erosão na área à jusante (erosão regressiva)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Construções irregulares (aterro, casa, cerca)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

I. OUTROS PROBLEMAS EXISTENTES														

J. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES														

Observações importantes:

- 1) A Magnitude e o Nível de Perigo somente deverão ser preenchidos quando a situação do item for PV, DI, PC e AU.
- 2) Tratando-se da primeira inspeção de uma barragem, as situações escolhidas devem ser NA, NE, PV e NI. Quando o técnico basear-se em conhecimento próprio ou de terceiros para informar as situações DI, DS, PC ou AU, deve haver esclarecimento por meio do preenchimento do espaço reservado para comentários e como este conhecimento foi obtido.