GT SEGURANÇA DE BARRAGENS RS

DRHS

GOV RS NOVAS FAÇANHAS NO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA

GT SEGURANÇA DE BARRAGENS

Relatório das Vistorias de Nível II

Integrantes:

Diretor Paulo Renato Paim
(Diretor do DRHS/SEMA-RS);
Geól. Francisco Paulo Garcia
(Coordenador Titular);
Eng.-Agr. Francisco Antonello Marodin
(Coordenador Adjunto);
Eng.-Agr. Daiana Althaus;
Eng.-Agr. Rogério Chimanski da Fontoura;
Eng. de Minas Leandro Luiz Reinehr;
Eng. de Minas Roberto Mentzingen Rolo;
Eng. Bioquímico Gabriel Timm Müller;
Geóg. Luciano Brasileiro Cardone;
Geól. Carlos José Sobrinho da Silveira;
Geól. Flavia Avila Dias;
Geól. Ingo Schneider;
Téc. em Estradas Kevin Caselani de Siqueira.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRAND DO SUL

Eduardo Leite – Governador

SECRETARIA DO MEIO AMBEINTE E INFRAESTRUTURA – SEMA

Artur de Lemos Junior – Secretário

DEPARTAMENTO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO

Paulo Renato Paim – Diretor

DIVISÃO DE OUTORGA

Carlos José Sobrinho da Silveira – Chefe

GRUPO DE TRABALHO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

- Geólogo Francisco Paulo Garcia – Coordenador GT Segurança de Barragens;
- Engenheiro-agrônomo Francisco Antonello Marodin – Coordenador Adjunto GT Segurança de Barragens;
- Engenheira-agrônoma Daiana Althaus;
- Engenheiro-agrônomo Rogério Chimanski da Fontoura;
- Engenheiro Bioquímico Gabriel Timm Müller;
- Engenheiro de Minas Leandro Luiz Reinehr;
- Engenheiro de Minas Roberto Mentzingen Rolo;
- Geógrafo Luciano Brasileiro Cardone;
- Geólogo Carlos José Sobrinho da Silveira;
- Geóloga Flavia Avila Dias;
- Geólogo Ingo Schneider;
- Técnico em Estradas Kevin Caselani de Siqueira.

Sumário

1. INTRODUÇÃO 5
1.1. Preâmbulo 5
1.2. Principais componentes de uma barragem de terra 7
2. PLANO DE TRABALHO 8
2.1. Cronograma 9
2.2. Novo Nível III 13
2.3. Nível de Perigo Geral (NPG) 14
3. RESULTADOS 15
3.1. Anomalias no talude de montante 16
3.1.1. Presença de árvores e arbustos 17
3.1.2. Erosões no talude de montante 18
3.1.3. Falha no enrocamento 19
3.1.4. Erosões no encontro das ombreiras 20
3.1.5. Presença de formigueiro 21
3.2. Anomalias no talude de jusante 21
3.2.1. Presença de árvores e arbustos 22
3.2.2. Erosões no talude de jusante 23
3.2.3. Presença de formigueiro 25
3.3. Anomalias na crista 25
3.3.1. Presença de árvores e arbustos 26
3.3.2. Presença de formigueiro 27
3.3.3. Afundamentos e buracos 27
3.3.4. Erosões na crista 28
3.4. Anomalias no vertedouro 29
3.4.1. Presença de árvores e arbustos 30
3.4.2. Erosões no vertedouro 30
3.5. Fluxo pós vistoria 31
4. CONCLUSÃO 34

APRESENTAÇÃO

A Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande do Sul, por intermédio da Divisão de Outorga (DIOUT) do Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento (DRHS), tendo em vista a relevância e importância do tema Segurança de Barragens, constituiu um Grupo de Trabalho responsável por realizar as vistorias de barragens e açudes; agrupar e organizar as informações referentes ao tema; elaborar e dar publicidade às informações atualizadas, e analisar a situação de barragens e açudes no Estado do Rio Grande do Sul.

As informações constantes deste relatório dizem respeito às barragens e açudes de acumulação de água para usos múltiplos (irrigação, abastecimento público, entre outros). Excluem-se deste relatório, as barragens com finalidade de geração hidrelétrica, barragens de mineração e barragens de resíduos industriais. Isto porque, a responsabilidade legal pela fiscalização de barragens para fins de aproveitamento hidrelétrico, de mineração e de resíduos industrias cabe, respectivamente, à Agência Nacional de Energia Elétrica(ANEEL), à Agência Nacional de Mineração (ANM) e à entidade ambiental que forneceu a licença ambiental de instalação e operação.

Espera-se que este relatório seja de grande valia a todos os atores públicos e privados envolvidos com a temática Segurança de Barragens. Tem-se como objetivo deste relatório dar publicidade às atividades que vêm sendo desenvolvidas pelo DRHS e, principalmente, auxiliar na conscientização e promoção de ações futuras, no sentido de continuarmos os avanços para Segurança de Barragens no Estado do Rio Grande do Sul.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Preâmbulo

A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) instituída pela Lei Federal N° 12.334, de 20 de setembro de 2010, prevê dois instrumentos principais a serem seguidos: o Plano de Segurança de Barragens (PSB), obrigatório para todas as barragens enquadradas na PNSB e o Plano de Ação de Emergência (PAE), que é parte integrante do PSB e deverá ser requerido em alguns casos. Tais instrumentos têm como objetivo garantir padrões de Segurança de Barragens de maneira a reduzir a possibilidade de acidentes e suas consequências.

Cabe lembrar que a PNSB não se aplica a todas as barragens existentes, mas sim àquelas que apresentem ao menos uma das seguintes características: altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m; capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos); reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis; categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas. As barragens que não se enquadram nestes critérios não estão submetidas à PNSB, porém seus empreendedores também devem garantir a sua segurança.

Entende-se como barragem, de acordo com o Decreto Estadual N° 52.931, de 7 de março de 2016, alterado pelo Decreto Estadual N° 54.165, de 26 de julho de 2018 que 'barragem é qualquer estrutura artificial de terra, de alvenaria, de concreto simples ou de armado, localizada em um curso d'água superficial permanente ou intermitente, excluídos aqueles de características efêmeras, para fins de contenção ou acumulação de água, devendo ser constituído de mínimo maciço e vertedouro, podendo a sua área alagada atingir Área de Preservação Permanente – APP'; o mesmo Decreto, no seu Artigo 2°, Inciso I define Açude como 'qualquer estrutura artificial de terra, de alvenaria, de concreto simples ou de armado, com ou sem escavação, para acumulação de águas pluviais diretamente incidentes na respectiva bacia de contribuição ou as oriundas de cursos d'água de característica efêmera ou desvio de parte da vazão de curso d'água, devendo ser constituído de mínimo maciço e vertedouro'.

No Estado do Rio Grande do Sul, barragens e açudes fazem parte da PNSB, visto que a Portaria SEMA N° 136, de 29 de dezembro de 2017 (a qual estabelece o conteúdo mínimo e o detalhamento do Plano de Segurança de Reservatórios de Acumulação de Água - Açudes e Barragens, e a sua Revisão Periódica, bem como dá outras providências), define no seu Artigo 1°, Parágrafo Único que "Para manter a

uniformidade de nomenclatura com o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, os documentos e os procedimentos definidos nesta Portaria, mesmo quando referidos às barragens, são válidos e exigidos tanto para barragens como para açudes, indistintamente". Dito isso, para fins de entendimento geral e padronização do que será exposto neste relatório, o termo barragem será utilizado também para identificar reservatórios que representam açudes.

De acordo com o Artigo 5°, Inciso I, da Lei Federal N° 12.334, a fiscalização da segurança de barragem caberá 'à entidade que outorgou o direito de uso dos recursos hídricos, observado o domínio do corpo hídrico, quando o objeto for de acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico'. Portanto, o DRHS desenvolve ações de fiscalização nas barragens de uso múltiplo (abastecimento humano, irrigação, dessedentação animal, entre outros). Não compete ao Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento da SEMA a fiscalização de barragens de mineração, de disposição de resíduos e para fins de geração de energia hidrelétrica.

Com o objetivo de desenvolver ações para o aperfeiçoamento da implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens no RS foi criado via Portaria SEMA N° 168, de 4 de junho de 2019, o Grupo de Trabalho Segurança de Barragens que já publicou o Relatório de Vistorias de Nível I (disponível em: https://www.sema.rs.gov.br/governo-do-rs-atende-emergencia-apos-risco-de-ruptura-de-barragem-em-sao-gabriel) e que a partir da publicação deste Relatório, apresenta os resultados das vistorias das barragens de Nível II de prioridade. Tendo em vista que os maciços de todas as barragens vistoriadas pelo GT Segurança de Barragens eram de terra, o próximo capítulo tem como função abordar alguns aspectos de importância que devem ser considerados em barragens de terra.

O Nível II de prioridade é representado por barragens que foram classificadas pelo DRHS com Dano Potencial Associado (DPA) alto e que possuem volume armazenado entre cinco e sete milhões de metros cúbicos e/ou altura do maciço entre dez e quinze metros. Esse Nível totaliza 61 reservatórios, os quais foram vistoriados entre os meses de maio e novembro de 2019 pela equipe técnica do GT de Segurança de Barragens. Ressalta-se que o Dano Potencial Associado não representa o risco de rompimento de uma barragem, mas sim o dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, podendo ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e impactos sociais, econômicos e ambientais.

O Relatório das Vistorias de Nível II apresenta os resultados das campanhas de vistorias realizadas pelo GT Segurança de Barragens referentes às anomalias

observadas, bem como a classificação de magnitudes destas anomalias e suas proporções dentro do Nível II. Além disso, as análises e gráficos deste relatório demonstram as comparações com os resultados divulgados no Relatório de Vistorias de Nível I de prioridade. Ainda, uma novidade incluída neste relatório é a apresentação do conceito de Nível de Perigo Geral (NPG) de cada barragem, o qual se trata de uma nota que é atribuída ao reservatório a partir das anomalias observadas durante as vistorias.

1.2. Principais componentes de uma barragem de terra

O desenvolvimento da humanidade está diretamente relacionado com a necessidade de acumular água. As barragens têm uma importância muito grande neste sentido, já que seus benefícios alcançam toda a população, na forma de abastecimento de água para uso humano e industrial, irrigação, produção de energia hidrelétrica, regularização de vazões, atenuando os efeitos de secas e cheias, navegação, aquicultura e recreação, entre outros. Apesar dos benefícios ligados às barragens, elas geram impactos sociais e ambientais na região onde são instaladas, como, por exemplo, alteração do regime fluvial nos aspectos quantitativos e qualitativos, alteração de ecossistemas, deslocamento de populações, sismos induzidos, entre outros. Além disso, se a construção, operação e manutenção não são realizados de forma adequada (baseado na técnica e respeito ao ambiente ao seu entorno), as barragens podem afetar negativamente a população, o meio ambiente e a economia.

Os barramentos de terra são estruturas que podem ser construídas transversalmente ao curso de água (barragem) ou acumular a água que incide diretamente na respectiva bacia de contribuição (açude) e, conjuntamente, com a fundação e as ombreiras, são responsáveis pela retenção da água. As Figuras 1 e 2 apresentam os principais elementos de uma barragem de terra. Todas as barragens vistoriadas nos Níveis I e II de prioridade eram de terra, ou seja, quanto à característica técnica do material de construção, tinham a terra como elemento principal do maciço.

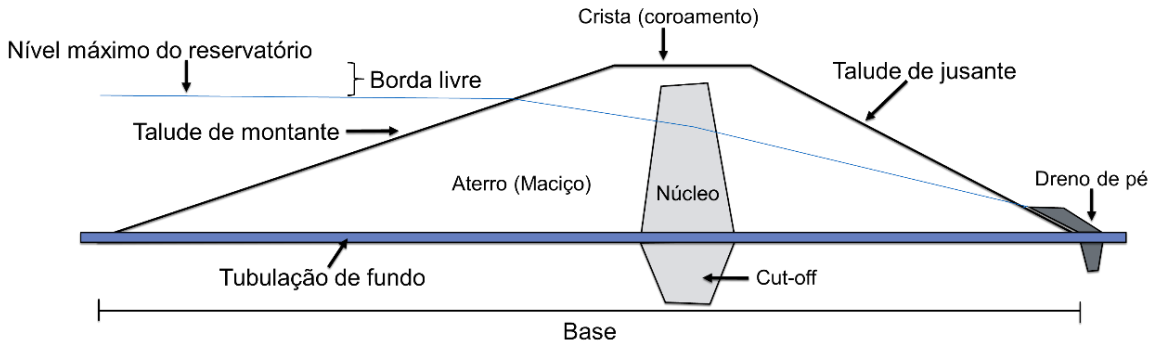

Figura 1: Representação esquemática dos elementos básicos de uma barragem de terra. (Elaboração: Autores).

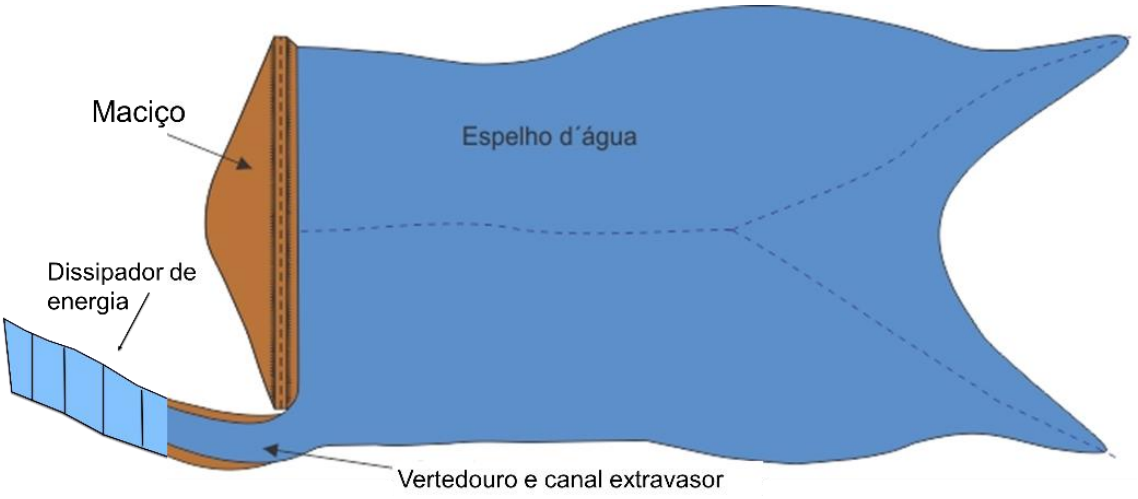

Figura 2: Representação esquemática de elementos de uma barragem de terra. (Fonte: Átlas Digital das Águas de Minas)

2. PLANO DE TRABALHO

O presente Plano de Trabalho foi estruturado em cinco etapas que estão demonstradas no fluxograma abaixo:

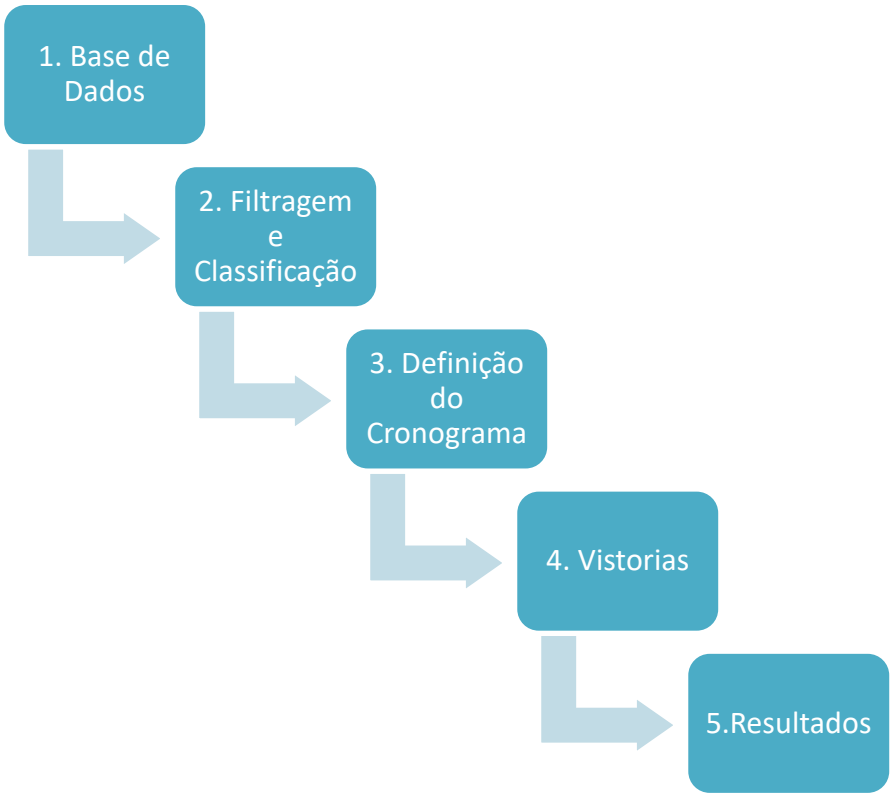

Figura 3: Fluxograma do plano de trabalho de vistorias.

O cronograma das vistorias de campo foi definido a partir da filtragem e classificação das informações obtidas na base de dados, conforme explicado com detalhamento no Relatório do Nível I.

A Tabela 1 apresenta o número total de barragens para cada Nível de prioridade. Considerando que o Nível III está sendo objeto de atualização, conforme explanado no item 2.2, não foi apresentando o dado exato para o mesmo.

Tabela 1: Critérios de classificação das barragens adotados no Estado do Rio Grande do Sul para fins de definição de prioridade de vistoria técnica. Obs.: *Em atualização

Critério (Altura e/ou Volume)	Nível	Nº de Barragens
Altura ≥ 15 m E/OU Volume ≥ 7.000.000 m³	I	31
Altura ≥ 10 e <15 m E/OU Volume ≥ 5.000.000 m³ e < 7.000.000 m³	II	61
Altura ≥ 5 e <10 m E/OU Volume ≥ 3.000.000 m³ e < 5.000.000 m³	III	45*

Salienta-se que as vistorias das barragens que fazem parte deste plano foram denominadas “Vistorias Internas”. Tal nomenclatura foi definida para diferenciar estas barragens das que foram vistoriadas por demanda de outros órgãos públicos (como o Ministério Público, Prefeituras, entre outros), as quais são denominadas “Vistorias Externas”.

2.1. Cronograma

A partir da conclusão de todas as vistorias do Nível I, divulgadas no relatório correspondente, foi possível progredir e estabelecer o cronograma de vistorias para as barragens e açudes do Nível II de prioridade. Para o atendimento do Nível II foram planejadas quatorze campanhas de vistorias. Entende-se como campanha de vistorias o conjunto de barragens vistoriadas em um mesmo itinerário. Desta forma, dependendo da localização de cada campanha, vistorias externas foram adicionadas às atividades de campo. O cronograma executado pode ser verificado na Tabela 2.

As campanhas de vistorias, definidas pela proximidade de localização dos reservatórios, foram realizadas nos seguintes municípios: Alegrete, Barra do Quaraí, Camaquã, Candiota, Capão do Leão, Cristal, Erechim, Ibirubá, Itaqui, Jóia, Maçambará, Pelotas, Quaraí, Restinga Seca, Santana do Livramento, Santo Antônio das Missões, São Borja, São Gabriel, São Sepé e Uruguaiana, como mostra o mapa da Figura 4.

Já no mapa da Figura 5, observa-se que as barragens e açudes vistoriados encontram-se nas seguintes bacias hidrográficas: Alto Jacuí; Butuí-Icamaquã, Camaquã; Ibicuí, Ijuí, Mirim-São Gonçalo, Passo Fundo, Piratinim, Quaraí e Vacacaí-Vacacaí Mirim.

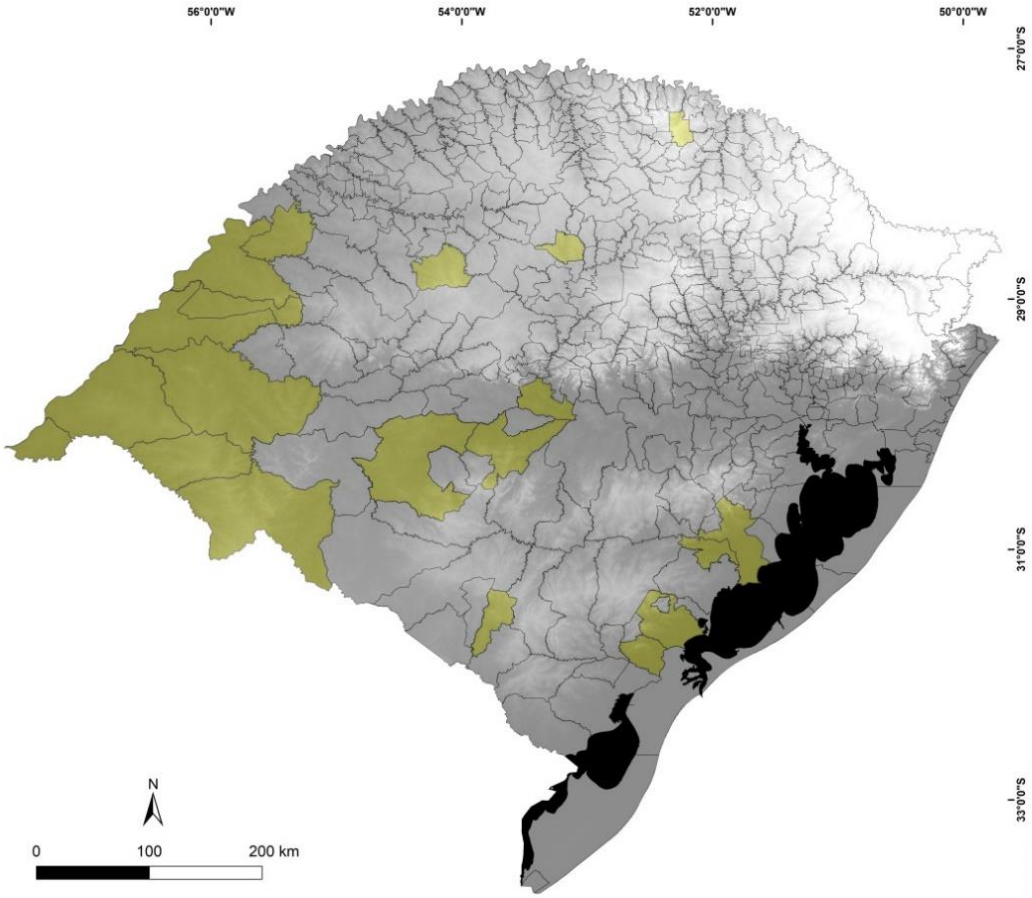

Figura 4: Mapa mostrando em destaque os municípios que tiveram vistorias do Nível II.

Previamente a cada campanha de vistoria, primeiramente a equipe (dupla de técnicos) responsável obteve informações técnicas das barragens nos seus respectivos processos de outorga. Estas informações encontram-se nos processos físicos, sob guarda do arquivo da Divisão de Outorga da SEMA-RS. Além disso, antes de cada campanha, também é confeccionado um documento oficial denominado "ofício de pré-vistoria", o qual é entregue no momento da vistoria, dando ciência ao empreendedor da visita à sua barragem.

Durante a etapa de campo, os técnicos realizam a inspeção visual da barragem e preenchem a 'Ficha para Inspeção Regular de Barragem' (*check-list*), modelo utilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA), além de registrarem através de fotografias as principais anomalias observadas nas barragens.

Tabela 2: Cronograma das barragens de Nível II, vistoriadas de 13/05/2019 a 03/12/2019. Na coluna "barragens visitadas", estão em vermelho as vistorias externas e em verde as vistorias do Nível III.

NÍVEL	CAMPANHA	Nº DE BARR.	Nº DE BARRG. DE NÍVEL II	BARRAGENS VISITADAS	MUNICÍPIOS	DATA DAS VISTORIAS
NÍVEL II	4-A	5	**5**	IB13, IB14, IB15, QR04, QR05	Barra do Quaraí e Uruguaiana	13/05/2019 a 19/05/2019
	4-B	5	**5**	QR06, QR07, QR08, QR09, IB16	Barra do Quaraí e Uruguaiana	23/08/2019 a 27/08/2019
	5-A	5	**5**	IB17, IB18, IB19, IB20, IB21	Itaqui e Uruguaiana	31/08/2019 a 06/09/2019
	5-B	6	**5**	IB24, IB25, IB27, QR10, QR11 + **QR29**	Alegrete e Uruguaiana	26/06/2019 a 28/06/2019
	6-A	5	**5**	IB23, QR12, QR13, QR14, QR15	Uruguaiana	23/08/2019 a 27/08/2019
	6-B	5	**5**	QR16, QR17, QR18, QR21, QR22	Quaraí	23/06/2019 a 27/06/2019
	7-A	5	**5**	IB26, QR19, QR20, QR23, QR24	Quaraí e Uruguaiana	23/06/2019 a 27/06/2019
	7-B	7	**6**	QR25, QR26, QR27, QR28, SG06, SG07 + **E015**	Quaraí, Santana do Livramento e Candiota	31/08/2019 a 06/09/2019
	8-A	3	**3**	BI04, BI05, PR01	Maçambara, Sto Antonio das Missões e São Borja	10/09/2019 a 13/09/2019
	8-B	6	**5**	VM03, VM04, VM05, VM06, VM07 + **VM08**	Restinga Seca, São Gabriel e São Sepé	30/11/2019 a 03/12/2019
	9-A	6	**5**	CQ03, CQ04, SG08, SG09, SG10 + E011	Arambaré, Camaquã, Capão do Leão, Cristal e Pelotas	19/07/2019 a 21/07/2019
	9-B	8	**5**	AJ01, AJ02, AJ03, PF01, IJ01 **+ IJ02 + E009 + E013**	Erechim, Ibirubá e Jóia	15/07/2019 a 19/07/2019
	10-A	1	**1**	VM15	Restinga Seca	30/11/2019
	10-B	9	**1**	IB22, **IB31, IB32, IB33, QR35, QR37, QR38, QR39, QR40**	Itaqui, Maçambará e Uruguaiana	24/10/2019 a 30/10/2019

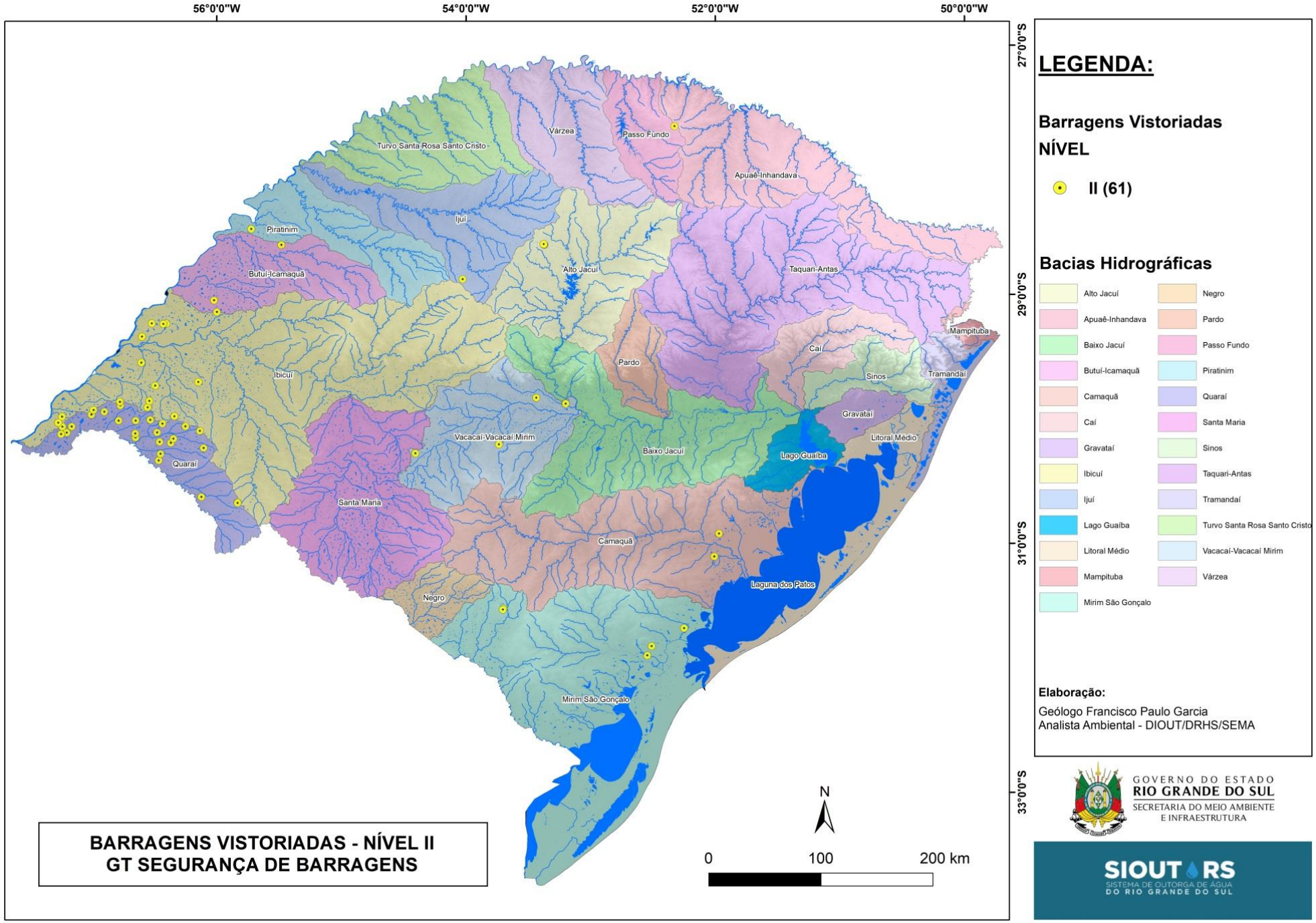

Figura 5: Mapa de localização das 61 barragens/açudes pertencentes ao Nível II.

2.2. Novo Nível III

Durante a execução das vistorias de Nível II, o Grupo de Trabalho constatou a necessidade de reformular o critério para definir as barragens do Nível III de prioridade. Tal necessidade surgiu a partir da constatação de que algumas barragens inspecionadas não necessariamente apresentavam possíveis danos às populações ou estruturas a jusante. Sendo assim, o novo Nível III priorizará a seleção de barragens/açudes que possuem população ou estruturas como estradas, pontes e outras obras de engenharia localizadas a jusante. Dessa forma, os reservatórios pertencentes a este nível de prioridade se caracterizam por apresentar Dano Potencial Associado Alto. Sendo assim, a seleção do reservatório independe de o mesmo possuir outorga do órgão competente ou de estar cadastrada no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) da ANA.

Tal procedimento de seleção foi realizado a partir de uma metodologia indireta sobre o Dano Potencial Associado (DPA) de cada reservatório. O método empregado consiste, primeiramente, em localizar reservatórios que possuam área da bacia de acumulação acima de 15 hectares e que apresentem população a jusante ou ainda, algum tipo de estrutura a jusante da localização da barragem. O limite de busca por população ou estruturas está diretamente relacionado à dimensão longitudinal do reservatório: caso a barragem apresente comprimento menor que 3 km, a área de influência de busca é de 3 km. Caso seja maior, a área de busca a jusante será igual ao comprimento do reservatório.

Ademais, a busca por novos reservatórios também considerou se o mesmo está em cascata, que é quando o hipotético rompimento de um reservatório a montante pode afetar outro reservatório a jusante. Nesses casos, as dimensões longitudinais dos reservatórios que estão em cascata são somadas e, consequentemente, a área de busca será proporcional a dimensão somada dos reservatórios. O novo Nível III foi subdividido em três subníveis, de acordo com critérios estabelecidos como exemplifica a Tabela 3.

Tabela 3: Subníveis do Novo Nível III de prioridade. Obs.: *Em andamento

Subnível	Critério	Nº de Reservatórios
III-A	Barragens com população a jusante localizadas a partir do cruzamento de informações geoespacializadas como massa d'agua e limite de bacias hidrográficas	28*
III-B	Barragens com população a jusante filtrando as 323 barragens com categorizadas como "Nível III" no Relatório do Nível I.	49
III-C	Barragens com população a jusante filtrando as 458 categorizadas como "outras barragens" no Relatório do Nível I.	11

Até o presente momento, para o Nível III-A foram selecionadas quatro bacias hidrográficas, nas quais foi aplicada a metodologia descrita anteriormente. As bacias escolhidas foram Quaraí, Ibicuí, Baixo Jacuí, Camaquã, resultando na seleção de 28 novos reservatórios a serem inseridos no plano de vistorias. Uma vez que este procedimento ainda não foi empregado em todas as bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul, o número total de barragens pertencentes a este subnível ainda está sob análise.

De maneira oposta ao Nível III-A, os níveis III-B e III-C possuem um número exato de barragens, uma vez que a fonte dos dados se limitou ao banco de dados inicial. No Nível III-B, as 323 barragens inicialmente denominadas como Nível III foram refiltradas e ao empregar a nova metodologia, foram obtidos 49 reservatórios com DPA Alto. Por sua vez, o Nível III-C reflete o resultado da busca a partir daqueles reservatórios inicialmente denominados como "outras barragens", as quais possuíam altura da taipa menor que 5 m e/ou volume menor que três milhões de metros cúbicos e que não foram selecionadas para o plano inicial de vistorias.

2.3. Nível de Perigo Geral (NPG)

O conceito de Nível de Perigo Geral (NPG) foi criado e instituído pelo GT com o objetivo de classificar cada reservatório vistoriado com base nas anomalias encontradas. A partir das observações visuais constatadas durante a vistoria, a dupla de técnicos responsável atribui uma nota para a barragem/açude. As notas possíveis são: 0, 1, 1.5, 2, 2.5 e 3. A Tabela 4 elucida o significado de cada Nível de Perigo Geral.

Tabela 4: Explicação do Nível de Perigo Geral

NPG	Nome	Explicação
0	Nenhum	As anomalias identificadas não comprometem a segurança da barragem.
1	Atenção	As anomalias identificadas não comprometem a segurança da barragem em curto prazo, mas devem ser controladas e monitoradas ao longo do tempo.
1.5	Pré-Alerta	As anomalias identificadas não comprometem a segurança, mas devem ser eliminadas.
2	Alerta	As anomalias identificadas apresentam risco a segurança da barragem, devem ser tomadas providências para a eliminação do problema.
2.5	Pré-Emergência	Risco a segurança podendo se tornar o nível de emergência. Eliminar urgentemente as anomalias.
3	Emergência	Risco de ruptura iminente, situação fora de controle.

A criação desta referência tem diversas finalidades, como ter um histórico da segurança do reservatório para futuras inspeções, comparar a situação das barragens vistoriadas, bem como dar a atenção necessária àquelas que mais necessitam. Por ora, os dados obtidos são internos e restritos ao Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento (DRHS). Ainda, a publicação destes dados será avaliada quando do término do plano de vistorias dos três níveis de prioridade selecionados.

3. RESULTADOS

A metodologia proposta pelo GT Segurança de Barragens para a realização das vistorias de barragens foi estabelecida a partir dos manuais e orientações da ANA. As vistorias compreendem a inspeção visual criteriosa da barragem, visando à detecção de anomalias. Mediante as informações e análises realizadas pelos técnicos do GT Segurança de Barragens, efetua-se o preenchimento da 'Ficha para Inspeção Regular de Barragem', a qual foi proposta pela ANA, a partir do Manual de Segurança e Inspeção de Barragens do Ministério da Integração Nacional, publicado em 2002.

Com o preenchimento da 'Ficha para Inspeção' é possível determinar a situação de cada item inspecionado na barragem. Todas as anomalias identificadas durante a vistoria da barragem são classificadas em função de sua magnitude, de modo que se possa avaliar de uma forma mais objetiva a dimensão do problema. A magnitude das anomalias está correlacionada aos encaminhamentos que devem ser tomados por parte do empreendedor para a resolução do problema. A magnitude das anomalias é classificada em quatro categorias, conforme a Tabela 5.

Tabela 5: Classificação das anomalias em função de sua magnitude.

Magnitude	Descrição
I	**Insignificante:** Anomalia de pequena dimensão, sem aparente evolução. Anomalia que pode simplesmente ser mantida sob observação pela equipe local da barragem.
P	**Pequena:** Anomalia de pequena dimensão, mas com possível evolução ao longo do tempo. Anomalia que pode ser resolvida pela própria equipe local da barragem.
M	**Média:** Anomalia de média dimensão, sem aparente evolução. Anomalia que pode ser resolvida pela equipe local da barragem com apoio da equipe sede do empreendedor ou apoio externo.
G	**Grande:** Anomalia de média dimensão, mas com evidente evolução, ou anomalia de grande dimensão. Anomalia que só pode ser resolvida com apoio da equipe da sede do empreendedor ou apoio externo

A inspeção visual em campo de uma barragem, com a adoção da 'Ficha para Inspeção', contempla todas as partes da barragem, designadamente, o talude de montante, a crista, o talude de jusante, o pé do talude e a área de jusante, as ombreiras, a zona do reservatório e as estruturas extravasoras (vertedouro, tomada da água e descarga de fundo).

Para fins de elaboração deste relatório foi realizado um estudo específico de caracterização das principais anomalias observadas durante as vistorias. Sendo assim, foram elaborados gráficos, com aplicação de análise estatística descritiva, para os resultados dos principais tipos de anomalias observadas no talude de montante, talude de jusante, crista e vertedouro, conforme a Tabela 6. Além disso, cabe ressaltar que estes resultados se referem às anomalias observadas em barragens de terra, que, em totalidade, foram verificadas até então em vistoria.

Tabela 6: Quadro de anomalias observadas no talude de montante, talude de jusante, crista e vertedouro para elaboração das análises estatísticas descritivas. *Magnitude da anomalia: SA= Sem anomalia; P=Pequena; M=Média; G=Grande.

	Anomalia	Magnitude da anomalia*			
Talude de montante	Presença de árvores e arbustos	SA	P	M	G
	Erosões no talude	SA	P	M	G
	Falha no enrocamento	SA	P	M	G
		Presença da anomalia			
	Erosões no encontro das ombreiras	Sim		Não	
	Presença de formigueiro	Sim		Não	
Talude de Jusante		**Magnitude da anomalia***			
	Presença de árvores e arbustos	SA	P	M	G
	Erosões no talude	SA	P	M	G
		Presença da anomalia			
	Presença de formigueiro	Sim		Não	
Crista		**Presença de anomalia**			
	Presença de árvores e arbustos	Sim		Não	
	Presença de formigueiro	Sim		Não	
	Afundamentos e buracos	Sim		Não	
	Erosões	Sim		Não	
Vertedouro		**Presença da anomalia**			
	Presença de árvores e arbustos	Sim		Não	
	Erosões no vertedouro	Sim		Não	

3.1. Anomalias no talude de montante

A proteção do talude de montante deve ser composta, prioritariamente, de enrocamento (blocos de pedra), visto que o paramento deve estar protegido do efeito das ondas que se formam no reservatório e da ação de chuvas.

Nos próximos subcapítulos deste capítulo serão apresentadas as anomalias do talude de montante observadas durante as campanhas de vistorias, bem como gráficos comparativos entre os resultados das vistorias realizadas nas barragens enquadradas nos Níveis I e II de prioridade.

3.1.1. Presença de árvores e arbustos

A presença de árvores e arbustos no talude de montante (paramento) é considerada uma anomalia que pode pôr em risco o estado de conservação de uma barragem e, consequentemente, a estabilidade da estrutura. A anomalia relacionada à vegetação no talude de montante se intensifica a partir do momento que as árvores e arbustos se desenvolvem, criam raízes que se aprofundam horizontalmente e verticalmente no interior do maciço, proporcionando a criação de caminhos de percolação capazes de produzir erosão interna e ameaçar à integridade da barragem. Além disso, o tombamento de uma árvore localizada no talude de montante tem potencial para causar rompimento do maciço. Não deve existir vegetação arbórea ou arbustiva no enrocamento de proteção do paramento de montante

Observa-se na Figura 6, que 69% das barragens vistoriadas no Nível II não apresentavam vegetação ou a magnitude desta anomalia foi classificada como 'Pequena'. Para as vistorias de barragens realizadas pelo DRHS, considerou-se que uma anomalia de magnitude 'Pequena' tem potencial para ser resolvida pela própria equipe local do empreendimento onde está localizada a barragem, ou seja, não apresenta risco à estabilidade da estrutura em curto prazo.

A magnitude desta anomalia foi 'Grande' em apenas 8% das barragens vistoriadas no Nível II. Já nas barragens do Nível I de prioridade, 23% apresentavam a magnitude desta anomalia 'Grande'.

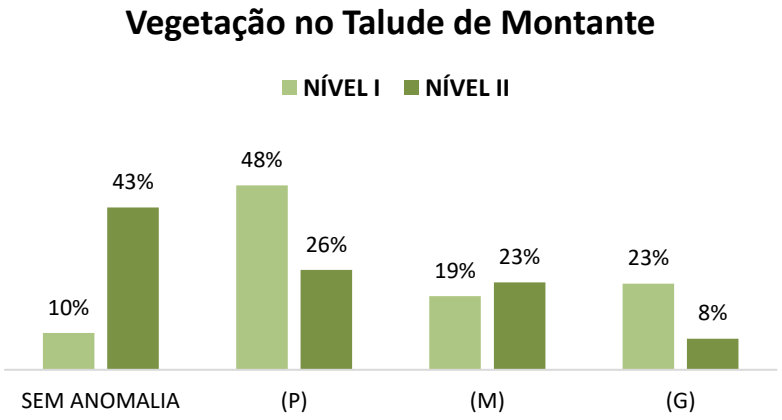

Figura 6: Percentagem das anomalias referente às árvores e arbustos observados nas barragens enquadradas nos Níveis I e II, categorizadas em função da magnitude da anomalia.

Figura 7: Presença de árvore de grande porte e inclinada, localizada no talude de montante.

3.1.2. Erosões no talude de montante

As erosões observadas no talude de montante são, de forma geral, causadas pela ausência ou falta de enrocamento de proteção adequado, ação do escoamento da água de chuva, pela ação das ondas do reservatório, pela ação de animais que escolhem caminhos preferenciais para deslocamento, pela ação do vento, entre outros. A progressão das erosões no talude de montante pode levar à diminuição da largura e, possivelmente, da altura do aterro, ao aumento da percolação e à perda local de estabilidade do talude.

De acordo com a Figura 8, a magnitude da anomalia classificada como 'Grande' foi observada em 20% das barragens enquadradas no Nível II de prioridade, percentual superior ao observado nas barragens do Nível I (13%). As barragens dos Níveis I e II apresentaram percentuais semelhantes quanto às observações das magnitudes 'Pequena' (23%) e 'Média' (26%).

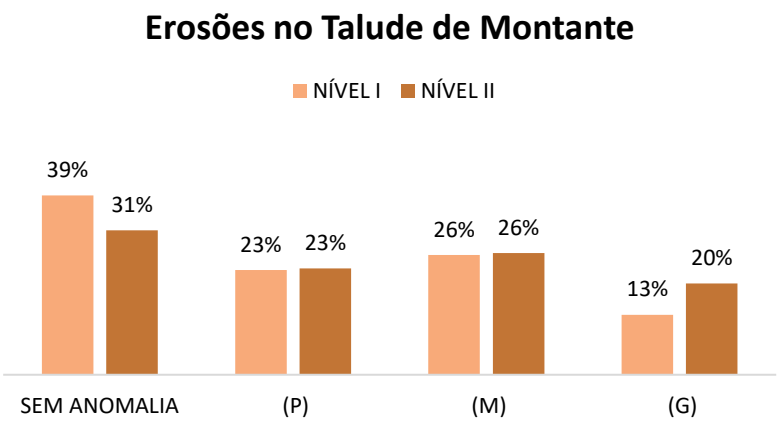

Figura 8: Percentagem das anomalias referentes às erosões no talude de montante observadas nas barragens enquadradas nos Níveis I e II, categorizadas em função da magnitude da anomalia.

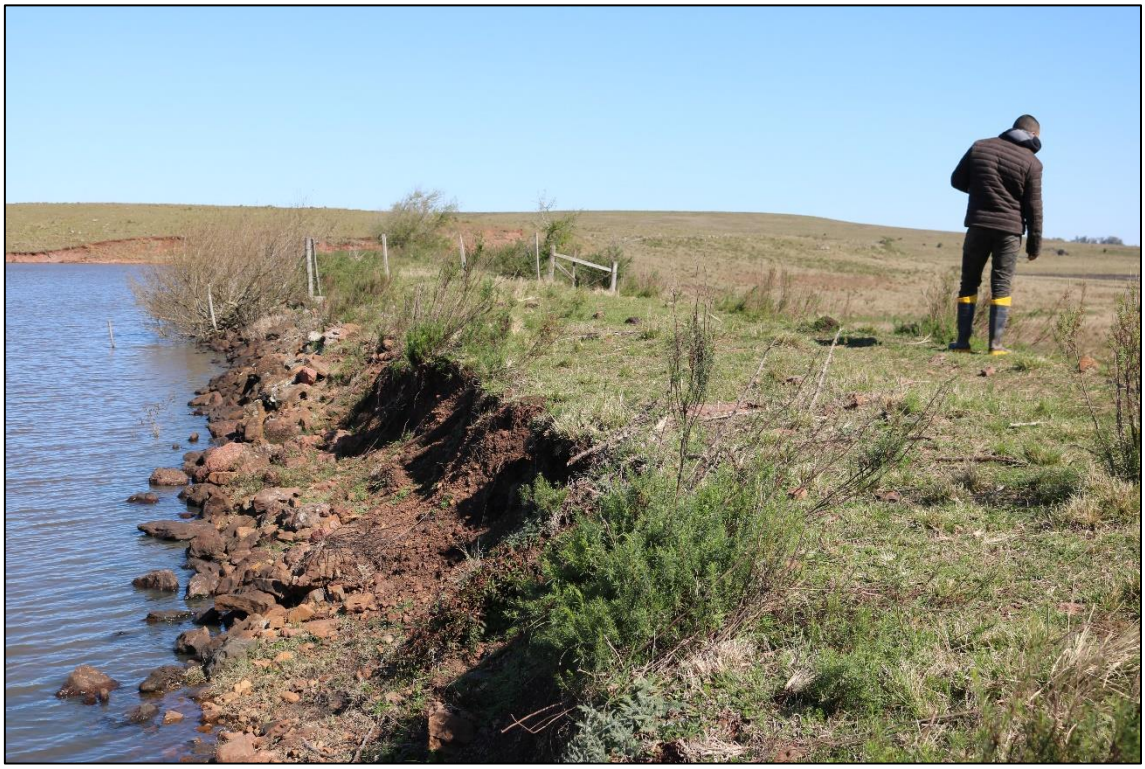

Figura 9: Diversos processos erosivos associados à ausência de enrocamento de proteção no talude de montante.

3.1.3. Falha no enrocamento

A proteção do talude de montante com enrocamento é fundamental para preservação da estabilidade do maciço e consequentemente para segurança da barragem. São consideradas como anomalias as condições de enrocamento ausente, incompleto, destruído ou deslocado. Observa-se na Figura 10, que falhas (ou ausência) de enrocamento de proteção foram observadas em 80% das barragens enquadradas no Nível II de prioridade, sendo que a magnitude 'Grande' foi identificada em 20% delas.

Apenas 3% das barragens de Nível I apresentaram magnitude 'Grande' para esta anomalia.

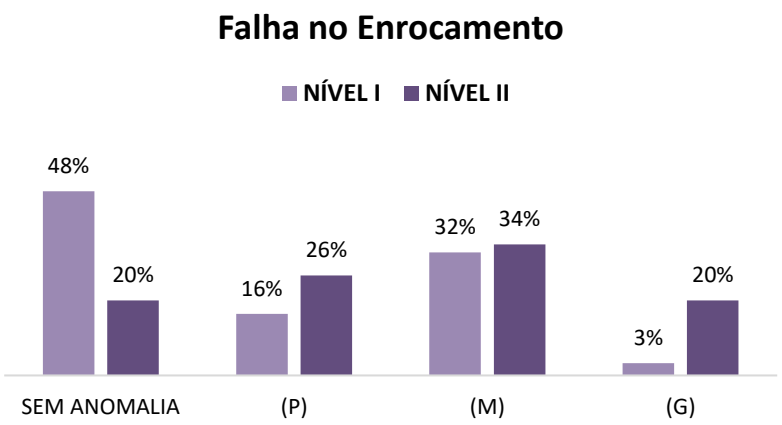

Figura 10: Percentagem das anomalias referentes a falhas no enrocamento de proteção do talude de montante observadas nas barragens enquadradas nos Níveis I e II, categorizadas em função da magnitude da anomalia.

Figura 11: Ausência de enrocamento de proteção do talude de montante.

3.1.4. Erosões no encontro das ombreiras

O contato entre o maciço e o terreno natural pode apresentar pontos de fraqueza, quando a construção e manutenção não são realizadas de forma correta e, por isso, devem ser constantemente vistoriados e reparados. Erosões no contato entre o maciço (aterro) e as ombreiras devem ser controladas através da colocação de valetas, por exemplo, evitando processos erosivos.

Nas barragens de Nível II foi observado que 56% apresentavam algum tipo de processo erosivo no encontro do maciço com as ombreiras (Figura 12).

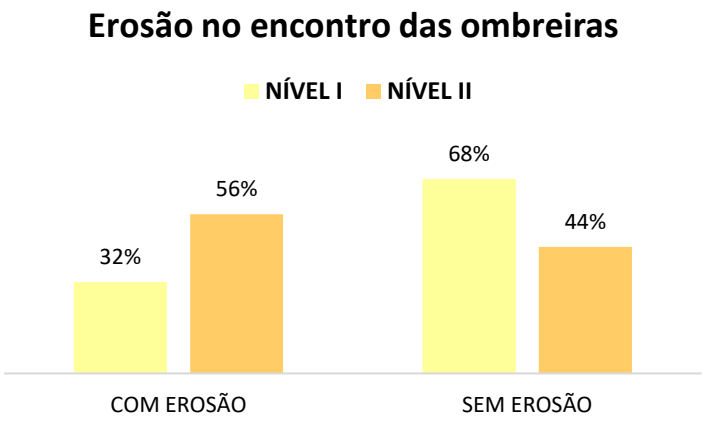

Figura 12: Percentagem das barragens vistoriadas com presença de erosões no encontro das ombreiras com o talude de montante, enquadradas nos Níveis I e II de prioridade.

3.1.5. Presença de formigueiro

A presença de formigueiros, bem como cupinzeiros e tocas de animais, no talude de montante pode ocasionar galerias internas no maciço e, dessa forma, originar caminhos de percolação da água, afetando a estrutura do aterro. A presença de formigueiros foi identificada em 31% das barragens enquadradas no Nível II de prioridade. No Nível I, 58% das barragens apresentaram esta anomalia (Figura 13).

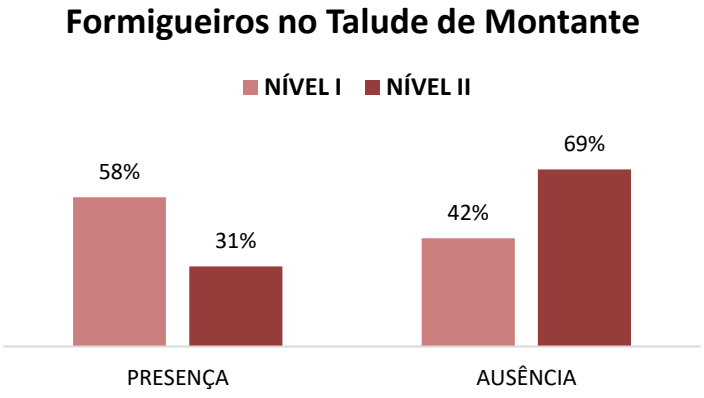

Figura 13: Percentagem das barragens vistoriadas com presença de formigueiros no talude de montante, enquadradas nos Níveis I e II de prioridade.

3.2. Anomalias no talude de jusante

Em barragens de terra é recomendável que o talude (paramento) de jusante seja composto de vegetação rasteira (gramíneas) ou material que amenize o impacto da chuva na superfície e consequentemente auxilie na prevenção de erosões. Além disso,

o talude de jusante deve ser protegido por um sistema de drenagem, de forma a desviar as águas de chuvas, evitando que o escoamento pluvial crie 'caminhos' no paramento e que ocorram processos erosivos.

Nos próximos subcapítulos deste capítulo serão apresentadas as anomalias do talude de jusante observadas durante as campanhas de vistorias, bem como gráficos comparativos entre os resultados das vistorias realizadas nas barragens enquadradas nos Níveis I e II de prioridade.

3.2.1. Presença de árvores e arbustos

A densidade, o tamanho e o tipo de vegetação arbórea e arbustiva presentes no talude de jusante estão diretamente ligados à segurança da estrutura e devem ter atenção especial do responsável técnico pela barragem, o qual deve avaliar e corrigir os problemas relacionados a essa anomalia.

A presença de árvores e arbustos no talude de jusante dificulta a inspeção do paramento, além de causar sombreamento excessivo no solo, prejudicando a perenidade da vegetação rasteira. Da mesma forma como ocorre no talude de montante, a existência de vegetação arbórea ou arbustiva é uma anomalia que deve receber atenção, visto que a derrubada, a remoção, a secagem do sistema de raízes das árvores, ou mesmo as raízes saudáveis de vegetação de grandes dimensões, podem ameaçar a integridade do aterro, já que proporcionam caminhos de percolação, capazes de produzir erosão interna e outros problemas. Além disso, a presença de árvores e arbustos dificulta a visualização e identificação de outras anomalias.

Observa-se na Figura 14, que 28% das barragens vistoriadas no Nível II não apresentavam vegetação arbórea ou arbustiva. Contudo, em 24,5% das barragens enquadradas no Nível II, a magnitude desta anomalia foi classificada como 'Grande'. Comparando apenas a presença ou não de árvores e arbustos no talude de jusante, observou que 84% e 72% das barragens vistoriadas apresentaram essa anomalia, nos Níveis I e II, respectivamente.

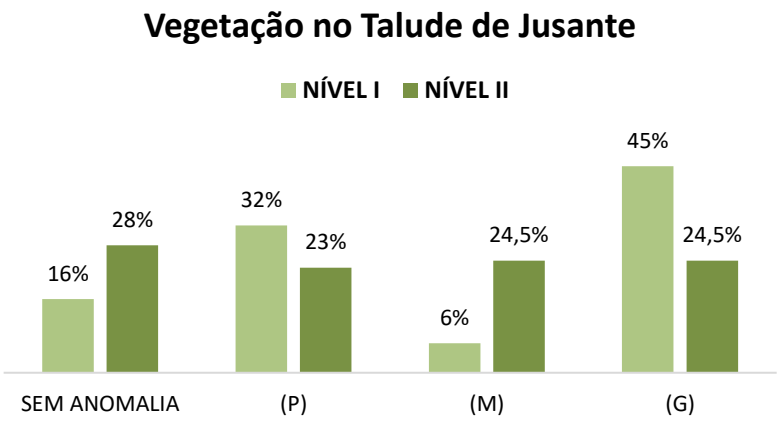

Figura 14: Percentagem das anomalias referente às árvores e arbustos no talude de jusante observados nas barragens enquadradas nos Níveis I e II, categorizadas em função da magnitude da anomalia.

Figura 15: Presença de árvores e arbustos ao longo do talude de jusante.

3.2.2. Erosões no talude de jusante

As erosões no talude de jusante estão diretamente relacionadas com a ausência ou falha de proteção (realizada principalmente com gramíneas) desse paramento. As erosões ocorrem, de forma geral, pela ação do escoamento da água de chuva, pela ação de animais que elegem caminhos preferenciais para descer o talude de jusante, pela ação do vento, entre outros fatores.

As erosões de magnitude 'Grande' foram observadas em 29% e 26% das barragens vistoriadas nos Níveis I e II, respectivamente. Em 16% das barragens enquadradas no Nível II não foram observados processos erosivos no talude de jusante, diferente das barragens enquadradas no Nível I, no qual 29% delas não apresentaram erosões no paramento de jusante (Figura 16).

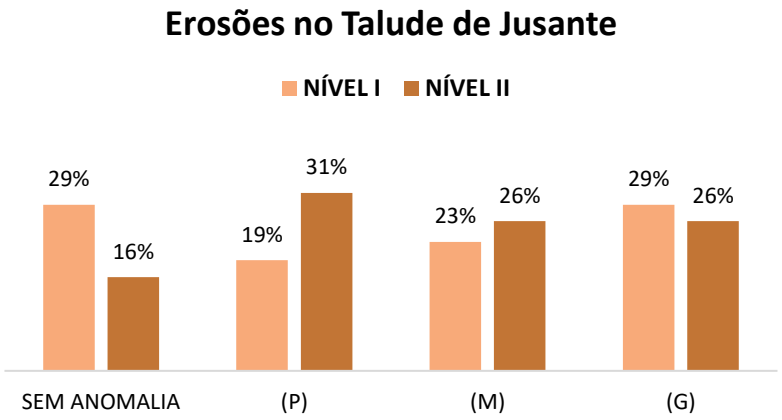

Figura 16: Percentagem das anomalias referentes às erosões no talude de jusante observadas nas barragens enquadradas nos Níveis I e II, categorizadas em função da magnitude da anomalia.

Figura 17: Presença de processos erosivos localizados na porção superior do talude de jusante.

3.2.3. Presença de formigueiro

A presença de formigueiros, bem como cupinzeiros e tocas de animais, no talude de jusante pode ocasionar galerias internas no maciço e, dessa forma, intensificar processos erosivos e originar caminhos de percolação da água, afetando a estrutura do aterro. A presença de formigueiros foi identificada em 61% das barragens enquadradas no Nível II de prioridade. No Nível I, 81% das barragens tinham formigueiros no talude de jusante (Figura 18).

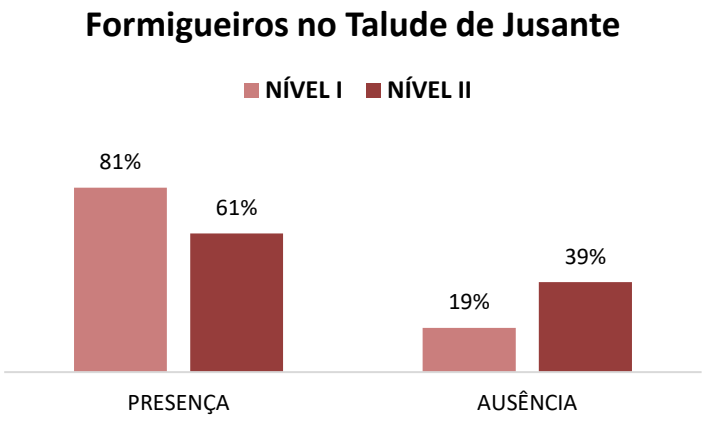

Figura 18: Percentagem das barragens vistoriadas com presença de formigueiros no talude de jusante, enquadradas nos Níveis I e II de prioridade.

3.3. Anomalias na crista

A crista é a parte superior do aterro e liga transversalmente as duas margens, permitindo o acesso a diversos componentes da barragem. De forma geral, indica-se que o coroamento possua inclinação para o reservatório, com o objetivo de escoar a água das chuvas e, eventualmente, pode ser pavimentado para permitir e facilitar o tráfego de veículos. A crista deve estar protegida, ao menos, com material granular para evitar trincas e sulcos produzidos por veículos.

Nos próximos subcapítulos deste capítulo serão apresentadas as anomalias do coroamento observadas durante as campanhas de vistorias, bem como gráficos comparativos entre os resultados das vistorias realizadas nas barragens enquadradas nos Níveis I e II de prioridade.

3.3.1. Presença de árvores e arbustos

A existência de vegetação arbórea e arbustiva sobre a crista indica, antes de tudo, falta de manutenção da barragem. Como já citado anteriormente, as raízes criam canais internos no maciço, além de causarem sérios problemas em casos de tombamento, morte e apodrecimento das raízes, entre outros. Além disso, árvores na crista podem impedir o acesso a alguns pontos do barramento, em casos de emergência.

Em 74% das barragens enquadradas no Nível II de prioridade não foram observados árvores e arbustos na crista. No Nível I, 71% das barragens não tinham árvores e arbustos sobre a crista (Figura 19).

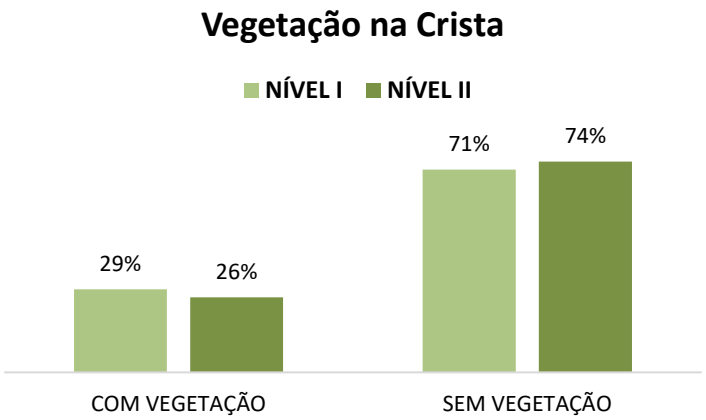

Figura 19: Percentagem das barragens vistoriadas com presença de árvores e arbustos na crista, enquadradas nos Níveis I e II de prioridade.

Figura 20: Presença de árvores e arbustos na crista e nos paramentos.

3.3.2. Presença de formigueiro

A presença de formigueiros foi identificada em 57% das barragens enquadradas no Nível II de prioridade. No Nível I, 65% das barragens tinham formigueiros localizados sobre a crista (Figura 21).

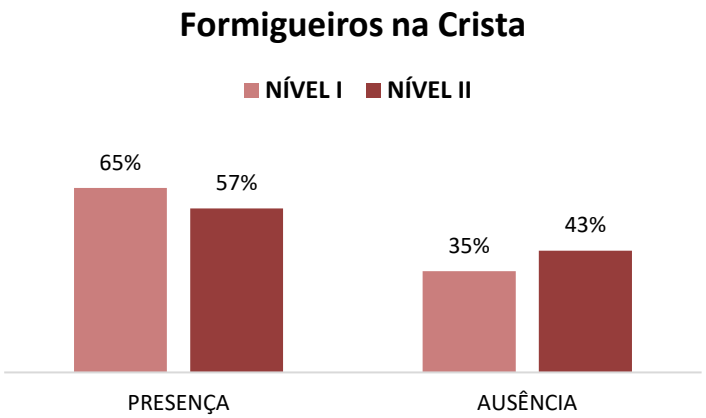

Figura 21: Percentagem das barragens vistoriadas com presença de formigueiros na crista, enquadradas nos Níveis I e II de prioridade.

3.3.3. Afundamentos e buracos

Os afundamentos e buracos localizados na crista podem ser ocasionados pela falta de manutenção, trânsito intenso de maquinários, pessoas e/ou animais. Além disso, os afundamentos podem indicar movimentação interna do maciço, com perigo a estabilidade e segurança da barragem.

Cabe salientar que apenas uma análise específica e minuciosa por responsável técnico habilitado pode identificar, em alguns casos, qual o motivo do afundamento da crista. A presença de afundamentos e buracos na crista foi observada em 65% e 51% das barragens vistoriadas nos Níveis I e II, respectivamente (Figura 22).

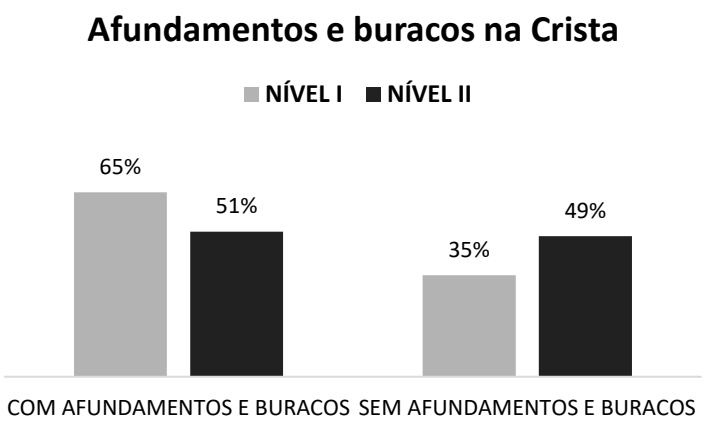

Figura 22: Percentagem das barragens vistoriadas com presença de afundamentos e buracos na crista, enquadradas nos Níveis I e II de prioridade.

3.3.4. Erosões na crista

Os processos erosivos na crista, geralmente, estão relacionados a erosões que iniciam nos taludes e, devido à falta de manutenção e reparo, tendem a avançar em direção ao centro da crista. Erosões indicam, em alguns casos, galgamento da barragem, ou seja, quando ocorre o transbordamento da água sobre a crista. Cabe ressaltar que o galgamento é a principal causa de ruptura de barragens de terra.

A presença de erosões na crista foi observada em 48% e 38% das barragens vistoriadas nos Níveis I e II de prioridade, respectivamente (Figura 23).

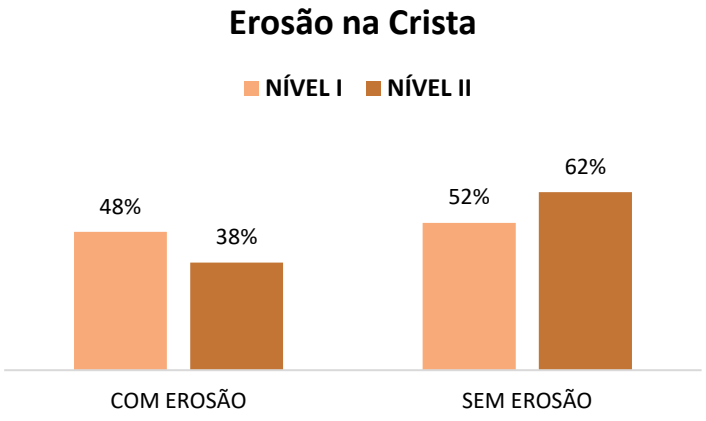

Figura 23: Percentagem das barragens vistoriadas com presença de processos erosivos na crista, enquadradas nos Níveis I e II de prioridade.

Figura 24: Encurtamento da crista resultante de processos erosivos iniciados no talude de montante em direção ao centro do coroamento.

3.4. Anomalias no vertedouro

O vertedouro é a estrutura de uma barragem que tem como função dar escoamento ao excesso de água da chuva ou enxurrada durante e após a ocorrência de chuvas. O vertedouro é considerado a principal estrutura de segurança de uma barragem em operação. Portanto, qualquer obra de manutenção ou modificação das características desta estrutura não deve ser feita sem acompanhamento técnico de profissional habilitado e com atribuição para tais atividades. A cota da soleira do vertedouro coincide com o nível máximo normal da barragem. Durante uma cheia, o nível da água ultrapassa essa cota, escoando-se a água através do vertedouro.

Nos próximos subcapítulos deste capítulo serão apresentadas as anomalias do vertedouro observadas durante as campanhas de vistorias, bem como gráficos comparativos entre os resultados das vistorias realizadas nas barragens enquadradas nos Níveis I e II de prioridade.

3.4.1. Presença de árvores e arbustos

A presença de vegetação no vertedouro foi identificada em 15% das barragens enquadradas no Nível II de prioridade. No Nível I, 35% das barragens tinham vegetação no vertedouro (Figura 25).

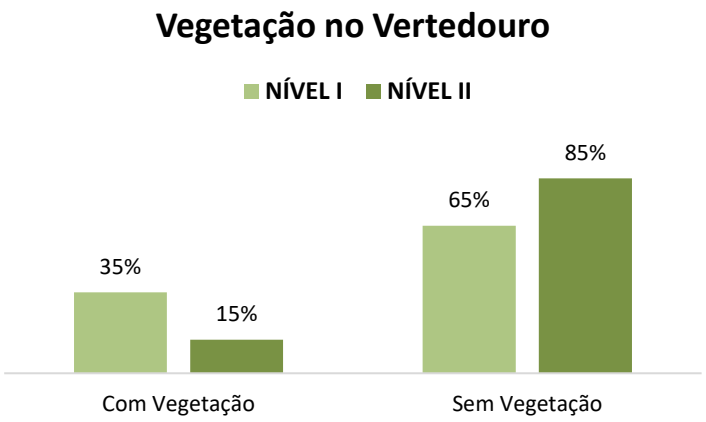

Figura 25: Percentagem das barragens vistoriadas com presença de vegetação no vertedouro, enquadradas nos Níveis I e II de prioridade.

3.4.2. Erosões no vertedouro

As erosões na zona de aproximação à estrutura de entrada do vertedouro podem diminuir a vazão e desestabilizar os taludes, arrastando materiais para o interior da estrutura. Podem também afetar os muros laterais ou taludes do canal de aproximação ou atingir o aterro da barragem. As erosões na zona de restituição de vertedouros podem danificar as próprias estruturas, provocar alterações das margens ou danificar a própria barragem. Para elaboração do gráfico referente ao percentual de barragens com erosões no vertedouro, considerou-se a presença dos seguintes itens: erosões nos taludes, na base dos canais escavados e/ou na área à jusante.

A presença de erosões no vertedouro foi observada em 42% e 34% das barragens vistoriadas nos Níveis I e II de prioridade, respectivamente (Figura 26).

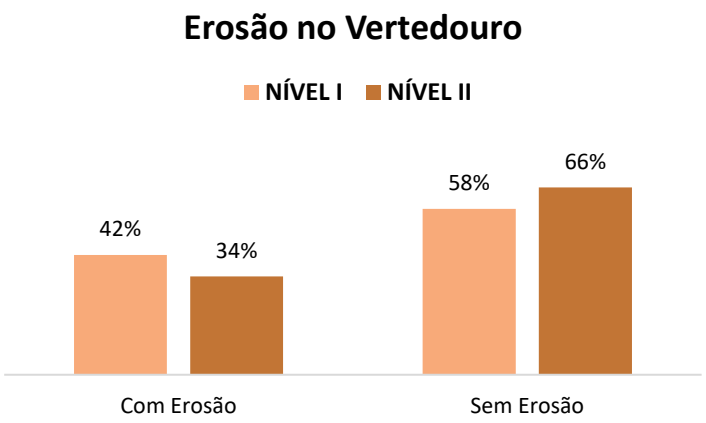

Figura 26: Percentagem das barragens vistoriadas com presença de processos erosivos no vertedouro, enquadradas nos Níveis I e II de prioridade.

Figura 27: Processos erosivos nas laterais e na base do canal escavado do vertedouro.

3.5. Fluxo pós vistoria

Após a realização da campanha de vistorias é realizada a organização das informações levantadas em campo, onde são executados os seguintes procedimentos:

a. Preenchimento da Ficha para Inspeção Regular de Barragem (*check-list*) digital;
b. Elaboração do Relatório do Registro fotográfico das anomalias encontradas;
c. Elaboração do Ofício/Relatório de Vistoria;

d. Atualização da base cadastral das barragens.

a. A Ficha para Inspeção Regular digital tem por objetivo armazenar as informações das anomalias das barragens, passando estas informações levantadas a campo para o meio digital.
b. O Relatório do Registro fotográfico das anomalias tem como objetivo manter um banco de dados das informações observadas em campo.
c. O Ofício/Relatório de Vistoria se trata de um documento que a SEMA-RS enviará para o empreendedor responsável pela barragem, dando ciência das anomalias verificadas durante a vistoria e exigindo prioridades de ação por parte do responsável pelo empreendimento.
d. Por fim, todo o trabalho realizado para cada barragem será compilado na base cadastral das barragens do RS, a partir do qual poderá se ter maior confiabilidade destas informações.

A partir da finalização das vistorias das barragens do Nível II de prioridade, o DRHS encaminhou o Ofício de Vistoria elaborado aos empreendedores responsáveis por estas barragens. O ofício aponta as principais anomalias constatadas e indica as providências que deverão ser tomadas por parte do empreendedor para manter a segurança do reservatório. Além do ofício, o DRHS encaminha um fluxograma explicativo para o empreendedor, com o intuito de orientar a regularização do reservatório junto ao Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento. O fluxograma, ilustrado na Figura 28, apresenta todas as informações necessárias para que o reservatório seja regularizado junto ao Sistema de Outorga de Águas do Rio Grande do Sul (SIOUT RS).

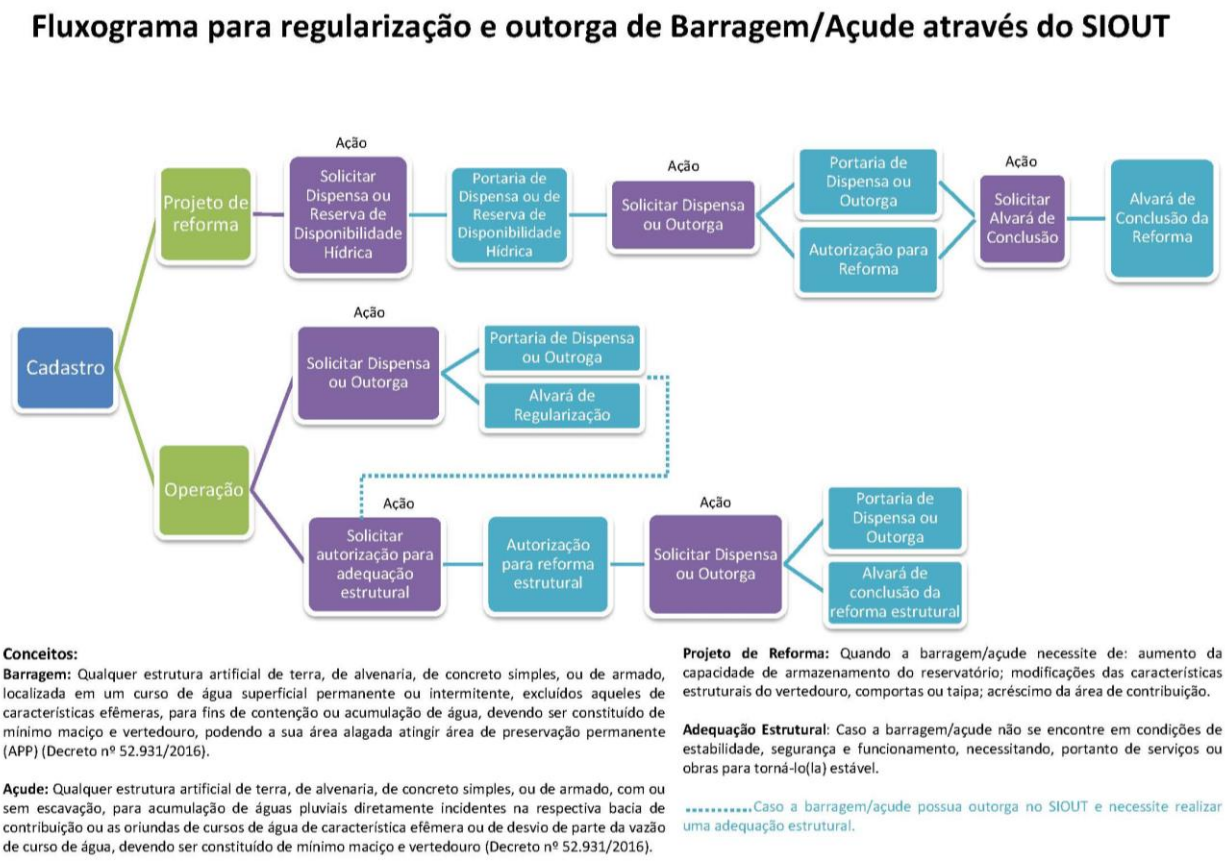

Figura 28: Fluxograma para a regularização de barragens/açudes.

Frente ao exposto há três formas de encaminhamentos para a regularização dos reservatórios via SIOUT RS, sendo elas: Adequação Estrutural, Reforma ou Outorga/Dispensa.

A solicitação para adequação estrutural é necessária nos casos em que a barragem ou açude não se encontre em condições de estabilidade, segurança e funcionamento, necessitando, portanto, de serviços ou obras para tornar o reservatório estável.

Por sua vez a solicitação de reforma, também denominada projeto de reforma, ocorre quando a barragem ou açude necessita aumentar a capacidade de armazenamento do reservatório; modificar as características estruturais como, por exemplo, a altura da taipa; ou quando se faz necessária uma reforma para a realização de um acréscimo na área de contribuição.

Por fim, a solicitação de outorga ou dispensa ocorre quando um reservatório, segundo a análise do responsável técnico, não apresenta a necessidade de obras ou reformas para manter a sua estabilidade e segurança. Sendo assim, a solicitação direta

de outorga trata da regularização, via SIOUT RS, do reservatório quanto ao uso da água e à política de Segurança de Barragens.

4. CONCLUSÃO

A Divisão de Outorga (DIOUT), do Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento (DRHS), vem desenvolvendo, de forma organizada e planejada, ações voltadas ao aperfeiçoamento da implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) no RS.

As 61 barragens enquadradas no Nível II de prioridade foram vistoriadas entre os meses de maio e novembro de 2019 pelos técnicos da DIOUT, totalizando 92 barragens vistoriadas (considerando a finalização dos Níveis I e II). Além destas, desde o mês de abril de 2019 foram vistoriadas outras 14 barragens que não faziam parte do cronograma de vistorias elaborado pela Divisão de Outorga, mas que receberam fiscalização por motivos e demandas diversas.

Sendo assim, considerando as barragens pertencentes aos Níveis I e II de prioridade somadas às barragens do grupo de 'Vistorias externas', a Divisão de Outorga efetivou a vistoria de 106 barragens no Estado do Rio Grande do Sul entre os meses de abril e novembro de 2019. Com base no panorama geral apresentado nesse Relatório, identificou-se a necessidade de uma maior atenção quanto à Segurança de Barragens por parte dos empreendedores, principalmente com o intuito de reduzir os riscos associados às anomalias existentes.

Cabe ressaltar que, após a conclusão das vistorias de Nível II, as campanhas de vistorias do Nível III de prioridade já tiveram início e encontram-se em andamento. A partir do mês de março de 2020, considerando a pandemia provocada pelo novo coronavírus (CoVID-19), o cronograma das vistorias vem sendo afetado, resultando na constante reorganização e reprogramação das diversas ações voltadas à Segurança de Barragens.

O Estado do Rio Grande do Sul conta com o Sistema de Outorga eletrônico digital – SIOUT RS, no qual as informações referentes ao Dano Potencial Associado e à Categoria de Risco das barragens são prestadas pelo responsável técnico do reservatório, permitindo a classificação destes quanto a esses critérios.

Dentre os principais desafios do Rio Grande do Sul frente ao tema Segurança de Barragens, está a consolidação e compatibilização das legislações federais e estaduais quanto a aplicabilidade concreta da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), tendo em vista a grande quantidade de reservatórios no Estado, bem como a

complexidade de elaboração e efetivação dos Planos de Segurança de Barragem (PSB) e dos Planos de Ação de Emergência (PAE). A regulamentação estadual do PSB, embora necessite de revisão, já foi realizada, enquanto a regulamentação do PAE ainda não foi concluída. Após a regulamentação, revisão e definição clara das previsões legais, o Estado do RS prevê que os PSBs, PAEs e relatórios de inspeção serão solicitados aos empreendedores por meio do SIOUT RS.

A continuidade das atividades programadas pelo GT Segurança de Barragens, o fortalecimento desse GT (que atualmente, não conta com engenheiro civil), a construção de parcerias fortes (Defesa Civil, órgãos com atividades semelhantes nos outros estados da Federação, Agência Nacional de Águas, entre outros), o prosseguimento das capacitações – tanto dos servidores quanto dos responsáveis técnicos e empreendedores de barragens – que objetivem o aprimoramento da qualificação de todos os atores envolvidos são imprescindíveis para que as ações voltadas à Segurança de Barragens continuem avançando, de forma adequada e segura, no Estado do Rio Grande do Sul, em consonância com a legislação, visando a proteção da população e do meio ambiente.