

PROJETO DE PESQUISA APLICADA

**APERFEIÇOAMENTO DE
FERRAMENTAS ESTADUAIS DE
GESTÃO DE RECURSOS
HÍDRICOS NO ÂMBITO DO
PROGESTÃO**

RELATÓRIO TRIMESTRAL DE ATIVIDADES

Autor (es): **Angélica** Luciana Barros de Campos
&
Ruben Jose Ramos Cardia

Área Temática: Segurança de Barragens

Cuiabá, MT

SETEMBRO 2018

1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

1.1. EXPLIQUE QUAL É O OBJETIVO DA SUA PESQUISA, DESCREVENDO DE FORMA CLARA A FERRAMENTA DE GESTÃO QUE ESTÁ SENDO DESENVOLVIDA

R.1.1. A pesquisa objetiva aperfeiçoar ferramentas de gestão da segurança de pequenas barragens (de usos múltiplos) no estado de Mato Grosso - MT. As ferramentas que estão sendo desenvolvidas são:

- Metodologia para identificação de barragens;
- Aperfeiçoamento da metodologia da mancha de classificação;
- Manual e Cartilhas de regularização, voltados para empreendedores e sociedade civil;
- Manual de Procedimentos, para atuação em segurança de barragens; e
- Relatório Periódico de segurança de barragens do estado.

1.2. EM SUA OPINIÃO, QUAL O GRAU DE IMPORTÂNCIA QUE ESSA FERRAMENTA TERÁ PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO?

R.1.2. Todas as ferramentas que estão sendo desenvolvidas são extremamente importantes para o estado, visto que, o órgão estadual fiscalizador está se estruturando para o cumprimento da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Assim, é primordial identificar as barragens, já que o único cadastro presente no órgão é o cadastro de barragens que possuem outorga, onde constam apenas trinta e uma barragens.

Para cumprir a PNSB, a SEMA-MT deverá classificar as barragens do estado; então a implantação no órgão, da metodologia da mancha é essencial para esse fim, principalmente no que tange as barragens em cascata, frequentemente encontradas no estado.

Os Manuais e Cartilhas de regularização são importantes para informar os empreendedores das suas obrigações e procedimentos, para regularizar as barragens de sua responsabilidade e cumprir com a PNSB.

O Manual de Procedimentos para atuação em segurança de barragens é importante para os técnicos de segurança de barragens do órgão fiscalizador, para guiá-los nos processos que envolvem a segurança de barragens. Já o Relatório Periódico será um documento informativo (e de registro histórico) tanto para o órgão, quanto para os empreendedores e sociedade civil, sobre a segurança de barragens no estado de MT.

1.3. COM BASE NA ESTRUTURA (FÍSICA, HUMANA, ETC.) DO ÓRGÃO GESTOR, VOCÊ ACREDITA QUE ESSA FERRAMENTA SERÁ UTILIZADA PELOS TÉCNICOS DO ÓRGÃO? EXPLIQUE.

R.1.3. Acredito que sim, já que para a utilização das ferramentas desenvolvidas é necessário apenas do uso de: ArcMap (*software* já disponível no órgão) e Spring (*software* gratuito).

Além disso, os Manuais de atuação em segurança de barragens e o Relatório Periódico de segurança de barragens (ferramentas que ainda serão desenvolvidas) serão documentos informativos essenciais para guiar os técnicos na atuação em segurança de barragens de MT. Justamente por ser uma equipe ainda pequena, entende-se que suas atividades serão facilitadas, pela existência do material (em desenvolvimento) e de Treinamento periódico. E, espera-se que o estado possa providenciar alguma complementação de equipe, tendo em vista as dimensões da área estadual, a grande quantidade de barragens encontradas no estado e as responsabilidades atribuídas aos componentes do Órgão Fiscalizador.

1.4. A PARTIR DAS PRIMEIRAS IMPRESSÕES NO ÓRGÃO GESTOR E/OU DO SISTEMA DE GESTÃO DO ESTADO ONDE A PESQUISA ESTÁ SENDO REALIZADA, ESTABELEÇA UM NEXO ENTRE AS NECESSIDADES IDENTIFICADAS E A FERRAMENTA A SER DESENVOLVIDA.

R.1.4. Acredito que a pesquisa será de fundamental importância para o órgão gestor, pois neste ano (2018) começou a estruturação do Setor de Recursos Hídricos da SEMA-MT para o atendimento à Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Desse modo, foi constatado no órgão, a necessidade das diversas ferramentas que estão sendo aperfeiçoadas, como a identificação das barragens, visto que não se tinha dimensão da quantidade e localização das barragens em MT, antes da pesquisa.

A implantação da ferramenta já existente que gera a mancha de classificação das barragens é uma necessidade do estado, principalmente no caso das barragens em cascata, pois após a aprovação do decreto sobre a regularização das barragens do estado, o número de solicitações para a classificação das barragens do estado irá aumentar consideravelmente, sendo esta uma responsabilidade do órgão fiscalizador (SEMA-MT).

Os Manuais e Cartilhas de Regularização voltados para os empreendedores serão importantes para que eles saibam os procedimentos legais a serem atendidos, para regularizar as barragens de sua responsabilidade.

O Manual de Procedimentos para atuação em segurança de barragens é muito relevante devido à recente estruturação da SEMA-MT para o cumprimento da PNSB. O objetivo é para se ter um documento que reúna informações sobre os procedimentos do órgão, a respeito das atividades em segurança de barragens, voltado para auxílio aos técnicos em segurança de barragens da SEMA-MT.

E por fim, o Relatório Periódico em Segurança de Barragens é um documento de transparência, necessário para o órgão, empreendedores e sociedade civil, no geral, para entender a atuação da SEMA-MT, no que se refere a segurança de barragens em MT.

2. METODOLOGIA EMPREGADA NA PESQUISA

2.1. DESCREVA A METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS

2.1.1. Pesquisa no Órgão Fiscalizador (SEMA-MT)

A pesquisa foi realizada no Setor de Recursos Hídricos da SEMA-MT, visando a obtenção de informações referente às barragens do 'Município Piloto' (Várzea Grande, MT) e do estado de MT. Os dados das barragens do estado e do município piloto foram obtidos (inicialmente), através de lista das barragens que possuem processo de outorga no setor de recursos hídricos.

2.1.2. Identificação de Barragens por Imagem de Satélite

A metodologia para identificação de espelhos d'água e consequentemente, a identificação indireta de barragens foi baseada na metodologia de Rodrigues *et al.* (2007) e consistiu primeiramente na seleção de imagens do satélite LANDSAT-8 com resolução de **30 m** coletadas no catálogo de imagens DGI-INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

Foram selecionadas duas imagens de satélite, a primeira do dia **02/05/2018** (nuvem=**0,20%**) e a segunda do dia **27/05/2018** (nuvem=**0,01%**).

As imagens de satélite foram escolhidas a partir da data mais próxima da estação chuvosa e pela menor quantidade de nuvens, pois estas alteram consideravelmente o resultado da classificação.

A partir disso, as imagens foram exportadas para o *software* SPRING versão 5.5.3, onde foram realizados os procedimentos de preparo dos mosaicos ('mosaicagem'), para: juntar as imagens de satélite, que formam o município; recorte do município piloto; fusão, para aumentar a resolução de 30 m para 15 m e contraste; segmentação por regiões, considerando a similaridade igual a 15 e a área de 20. A classificação supervisionada foi utilizada para a identificação dos espelhos d'água, pelo classificador por região, 'Bhattacharya'.

Após gerados os espelhos d'água, foi realizada a transformação de matriz para *vetor* para gerar pontos amostrais, que representam as barragens do município piloto. O *shapefile* gerado, com os pontos amostrais, representando as barragens, e a classificação, contendo os espelhos d'água, foi exportado para o ArcMap versão 10.1, onde o mapa foi finalizado com a inserção da hidrografia e outros *shapefiles* pertinentes, como áreas urbanizadas e trecho rodoviário.

2.1.3. Identificação de Barragens pelo SIMCAR (Sistema Mato-Grossense de Cadastro Ambiental Rural)

Para essa atividade, a coleta de dados ocorreu através dos gestores do SIMCAR da SEMA-MT, a partir da obtenção do arquivo *shapefile*. A partir do *shapefile*, foi possível identificar todos os espelhos d'água e conseqüentemente a localização de barragens em todos os municípios de MT, através da tabela de atributos do *shapefile* de espelhos d'água, no *software* ArcMap versão 10.1.

Assim, como a coleta de dados para identificação de barragens pelo SIMCAR, a busca de informações no SIMCAR ocorreu através da obtenção do arquivo *shapefile* dos espelhos d'água, com os gestores do sistema. Além disso, foi feita a busca de informações no sistema propriamente dito, a partir da solicitação de acesso de consulta ao sistema. Através do *shapefile* dos espelhos d'água foi possível acessar a tabela de atributos, a qual possui informações sobre as barragens do estado de MT, por meio do *software* ArcMap versão 10.1.

2.1.4. Visita às Barragens de Pequeno Porte e Aplicação de Questionário Para Identificação das Principais Dificuldades dos Empreendedores Para o Cumprimento da PNSB

A coleta de dados ocorreu pelo levantamento de campo, com visita a 10 barragens e aplicação de questionário em 6 barragens do estado de MT, localizadas nos municípios de Lucas do Rio Verde, Sorriso, Ipiranga do Norte e Vera.

O questionário foi elaborado visando identificar as dificuldades dos empreendedores enquadrados na PNSB para o cumprimento da política. As questões foram elaboradas com base no Artigo 17 da PNSB, que cita as obrigações dos empreendedores.

Foram elaborados 2 questionários para a pesquisa, o primeiro mais simplificado que foi aplicado presencialmente aos empreendedores de pequenas barragens e o segundo aplicado aos engenheiros responsáveis pelas barragens. Vale ressaltar que ambos os questionários possuem as mesmas perguntas transcritas de formas diferentes, adequadas aos casos.

Ambos os questionários contêm: 1 questão de ordenamento das obrigações dos empreendedores e 23 questões objetivas (respostas diretas SIM/NÃO), sendo que, no caso de respostas negativas foi perguntado o porquê da resposta.

As barragens visitadas foram selecionadas através do cadastro presente no setor de recursos hídricos da SEMA-MT, onde constam: o e-mail; nome dos empreendedores; localização das barragens de MT que possuem processo de outorga.

Essas barragens estão enquadradas na PNSB, de acordo com o cadastro da SEMA-MT. A Figura 1 apresenta a aplicação dos questionários nos municípios de Ipiranga do Norte, MT e Vera, MT.



a) b)
Figura 1. Aplicação de Questionário com os Responsáveis por Barragens nos Municípios de Ipiranga do Norte (1.a) e Vera (1.b)

2.1.5. Busca de Informações Sobre a Regularização, em Órgãos Fiscalizadores de Outros Estados

Para essa atividade foi realizada pesquisa documental para coletar informações sobre a regularização de barragens, em órgãos que tratam da segurança de barragens, em diversos estados do Brasil, além de busca de leis e decretos de outros países.

2.2. DESCREVA A METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS

2.2.1. Identificação das Barragens em Situação Irregular

Para essa atividade, os dados coletados foram os produzidos pela identificação das barragens por imagem de satélite e pelo SIMCAR, além dos dados obtidos com a pesquisa no órgão fiscalizador, SEMA-MT.

A análise ocorreu através da confecção de mapas temáticos. A quantificação dos espelhos d'água ocorreu através da exportação da tabela de atributos para o *Microsoft Excel* e pela quantificação direta de espelhos d'água de cada município.

Inicialmente, foram consideradas 'irregulares' aquelas barragens identificadas por espelho d'água, mas que não constavam como estando cadastradas. Mas, todas as barragens identificadas pela imagem de satélite foram consideradas irregulares, pois o estado ainda não possui o decreto que institui e obriga a regularização dessas barragens.

2.2.2. Análise da Influência Negativa das Barragens Situadas no Mesmo Rio

Para a análise da influência negativa das barragens localizadas no mesmo rio, foi utilizada a “Metodologia Simplificada para Definição da Mancha de Classificação do Dano Potencial Associado (DPA) da Barragem”.

Ela é uma metodologia desenvolvida no LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil, de Portugal) e foi adaptada pela Agência Nacional das Águas - ANA, a qual gera uma mancha ou polígono de referência para a estimativa do DPA (Dano Potencial Associado).

A metodologia desenvolvida pelo LNEC parte do princípio que os dados disponíveis tanto das barragens quanto do relevo, não possibilitam uma modelagem precisa do rompimento. Assim, a metodologia adequada foi simplificada para permitir o uso do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) como modelo digital de elevação e um mínimo de dados de entrada sem maiores descrições da geometria, tanto da barragem quanto do canal de escoamento jusante.

Portanto, o objetivo dessa mancha é apenas delimitar a área de análise para a classificação do DPA. Ela é semelhante a uma área de inundação, no entanto, não podemos entendê-la como uma mancha de inundação *stricto sensu*, devido à insuficiente precisão dos dados, principalmente dos dados de relevo (SRTM de 30 m). Ela se limita a ser uma referência em que o agente público, ou órgão fiscalizador de segurança de barragens, poderá se basear para priorizar a sua atuação (ANA, 2017).

A análise ocorreu a partir de mapas temáticos com as manchas de classificação, onde foram avaliados de acordo com os aspectos da classificação por DPA apresentados na Resolução nº 132/2016 ANA, tais como: volume total do reservatório, potencial de perda de vidas humanas, impacto ambiental e impacto socioeconômico. Segundo ANA (2017), a metodologia (considerando a área a jusante da barragem e algumas seções transversais, de referência e controle), consiste em atividades listadas na Figura 2, a seguir.

Para a geração da mancha é necessário o uso do *software* **ArcGis**. No estudo, empregou-se a versão 10.5. Além disso, são necessários os seguintes dados:

- **SRTM 30 m;**
- Volume do reservatório;
- Altura da barragem;
- Cota de coroamento, e
- Imagens de satélite.

Para a análise foi realizado um estudo de caso utilizando as barragens apresentadas na Figura 3, que são de terra homogênea, com uso para a aquicultura, localizadas no Ribeirão Esmeril, município de Várzea Grande, MT. Essas barragens estão cadastradas no setor de recursos hídricos da SEMA - MT (Secretária de Estado de Meio Ambiente), foram vistoriadas no ano de 2016 e possuem dados coletados em campo, pelos técnicos da SEMA - MT.

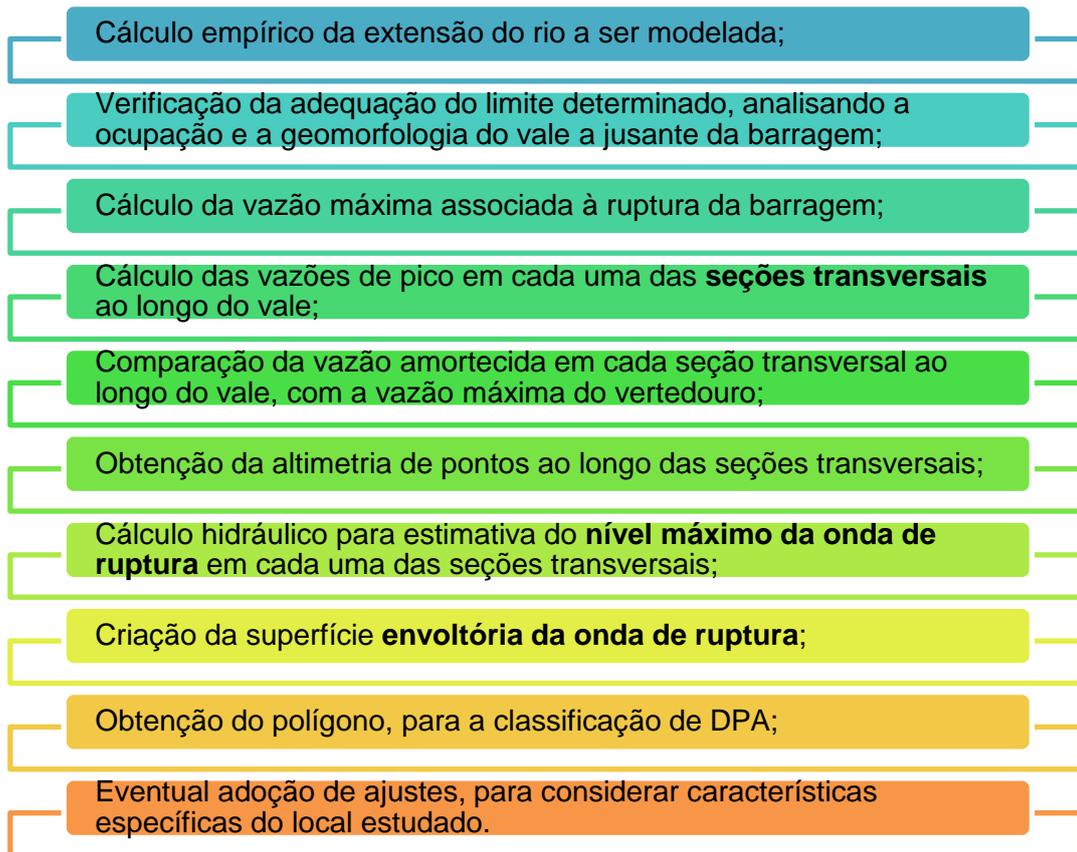


Figura 2. Lista de Atividades da Metodologia de Classificação.



Figura 3. Barragens Utilizadas para a Análise da Influência Negativa das Barragens Localizadas em um Mesmo Rio

O SRTM 30 m foi obtido diretamente com o técnico da ANA que ministrou o curso “Metodologia Simplificada para Definição da Mancha de Classificação do Dano Potencial Associado (DPA) da Barragem”, pois o arquivo original, presente no site da ANA (<https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/handle/ana/319>) estava aparentemente corrompido.

A localização e altura das barragens foram obtidos no relatório de vistoria. Já o volume, foi estimado a partir da área e altura da barragem. A cota de coroamento das barragens foi obtida no *Google Earth*.

Os dados de entrada utilizados nas simulações são apresentados na Tabela 1.

Nas simulações para a análise da influência negativa das barragens situadas no mesmo rio foram considerados alguns cenários, onde poderiam ocorrer:

- Rompimento isolado de cada uma das barragens, de acordo com recomendações de ANA (2016);
- Rompimento em cascata das barragens B2 e B3, onde o rompimento inicial ocorre na barragem B2, mas dadas as limitações do aplicativo, se considera como ocorrendo na barragem B3, somando-se os volumes de água armazenada nas duas, como se fosse apenas na B3. Neste caso, o volume utilizado na simulação é o volume da barragem B2 somado ao volume da barragem B3;
- Rompimento das 3 barragens. Neste caso, o rompimento modelado se dá na barragem B3 e o volume considerado na simulação foi a soma dos volumes das três barragens.

Tabela 1. Dados de Entrada para a Geração da Mancha de Classificação por DPA, Considerando Diferentes Cenários

Simulação	Cenário	Coordenadas	Volume estimado (hm ³)	Altura (m)	Cota de coroamento (manm)
S1	Rompimento isolado da barragem B1	15°29'42.56"S 56°17'20.53"O	0,24	2,7	175
S2	Rompimento isolado da barragem B2	15°29'27.09"S 56°17'30.56"O	0,50	4,8	174
S3	Rompimento isolado da barragem B3	15°29'17.77"S 56°17'35.38"O	0,39	6,3	173
S4	Rompimento das barragens B2 e B3	15°29'17.77"S 56°17'35.38"O	0,89	6,3	173
S5	Rompimento das barragens B1, B2 e B3	15°29'17.77"S 56°17'35.38"O	1,13	6,3	173

Como a metodologia para a geração da mancha de classificação só consegue considerar os dados de apenas uma barragem, para os cenários do rompimento em cascata (simulação S4 e S5), a simulação foi iniciada na última barragem onde ocorreria o rompimento. Logo, os dados de altura e cota de coroamento utilizados nas simulações S4 e S5 foram os dados da barragem B3, enquanto que o volume usado foi a somatória dos três.

2.2.3. Visita às Barragens de Pequeno Porte e Aplicação de Questionário Para Identificação das Principais Dificuldades dos Empreendedores Para o Cumprimento da PNSB

Nessa atividade, os dados foram analisados por meio de gráficos de pizza e pela ferramenta em valores duplicados para o ordenamento das alternativas presentes no *Microsoft Excel*, onde essa ferramenta foi aplicada em cada obrigação dos empreendedores. Assim, o ordenamento foi definido através da frequência em que cada numeração foi citada pelos entrevistados.

2.2.4. Busca de Informações Para Regularização, Existentes em Órgãos Fiscalizadores de Outros Estados

Nessa atividade foram filtradas apenas informações de estados e países que possuem decreto ou lei que estabelece a regularização das barragens.

2.3. IDENTIFICA ALGUMA DIFICULDADE DE CARÁTER METODOLÓGICO NA PESQUISA?

2.3.1. Identificação de Barragens por Imagem de Satélite

A metodologia de identificação de barragens por imagem de satélite permite apenas a identificação indireta de barragens através dos espelhos d'água.

A identificação direta não é possível, devido a resolução espacial das imagens, pois como a maioria das barragens possuem vegetação no entorno, no momento da classificação, elas são classificadas como vegetação e não como barragens.

2.3.2. Identificação de Barragens Pelo SIMCAR (Sistema Mato-Grossense de Cadastro Ambiental Rural)

Sub-identificação das barragens, pois nem todas estão cadastradas no sistema.

2.3.3. Análise da Influência Negativa das Barragens Situadas no Mesmo Rio

A mancha de classificação gerada pela metodologia não pode ser entendida como uma mancha de inundação, devido à insuficiente precisão dos dados, pois o objetivo dessa mancha é apenas delimitar a área de análise para a classificação do DPA. Logo, ela se limita a ser uma referência em que o agente público, ou órgão fiscalizador de segurança de barragens poderá se basear para priorizar a sua atuação.

2.3.4. Visita às Barragens de Pequeno Porte e Aplicação de Questionário Para Identificação das Principais Dificuldades dos Empreendedores Para o Cumprimento da PNSB

Nessa etapa da pesquisa a dificuldade encontrada foi que em alguns casos os responsáveis pela barragem não estavam presentes no local da barragem. Acrescenta-se também a dificuldade de acesso à algumas barragens do estado, dificultando a aplicação de um número maior de questionários.

2.4. IDENTIFICA A NECESSIDADE DE ALTERAR E/OU COMPLEMENTAR O PLANO DE TRABALHO? QUAIS ETAPAS? EXPLIQUE.

Sim, na 'Etapa 5' vejo a necessidade de retirar a atividade "5.1. Busca de informações junto aos Comitês de Bacia e FAMATO", pois o município piloto não possui Comitê de Bacia.

E, as informações que seriam buscadas na FAMATO (Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Mato Grosso), já foram encontradas no SIMCAR, como por exemplo o nome da fazenda onde se localizam as barragens e informações sobre o proprietário.

Também a retirada da atividade "5.7. Cadastro das barragens dispensadas de outorga no SIMCAR", pois acredito que essa é uma atividade que não agregaria informações úteis na obtenção do objetivo final da pesquisa.

Além disso, é uma atividade dos técnicos que trabalham com outorga e dos técnicos do SIMCAR que são de setores distintos dentro da SEMA-MT.

Alteração do item "6.4. Elaboração de *checklist* para acompanhamento da manutenção e estado de conservação" para a etapa '8', pois esses *checklists* farão parte do Manual de Procedimentos sobre a atuação em segurança de barragens, voltados para os técnicos e não para os empreendedores.

3. RESULTADOS, DISCUSSÃO E ANÁLISE DO PROGRESSO DA PESQUISA

3.1. QUAIS FORAM AS ATIVIDADES CONSTANTES DO SEU PLANO DE TRABALHO REALIZADAS ATÉ O MOMENTO?

Ver Tabela 2, a seguir.

Tabela 2. Atividades do Cronograma Já Realizadas

Item	Título
1	Seleção do Município Piloto
2.1	Identificação das Barragens por Imagem de Satélite
2.2	Identificação de Barragens a Partir de Levantamento no SIMCAR
2.3	Identificação das Barragens em Situação Irregular
2.4	Análise da Interferência Negativa das Barragens Situadas no Mesmo Rio
2.5	Processamento dos Dados e Elaboração de Mapas
3.1	Pesquisa no Órgão Fiscalizador
3.2	Busca de Informações no SIMCAR
3.3	Processamento dos Dados
4.1	Elaboração de Questionário
4.2	Visita a Barragens de Pequeno Porte no Município Piloto e Aplicação de Questionário
4.3	Processamento dos Dados e Elaboração de Gráficos
5.2	Busca de Informações para Regularização em Órgãos Fiscalizadores de Outros Estados

3.2. APRESENTE E DISCUTA OS RESULTADOS OBTIDOS DECORRENTES DESSAS ATIVIDADES REALIZADAS.

3.2.1. Seleção do Município Piloto

O município piloto escolhido foi Várzea Grande, MT. O município apresenta população de 282.009 habitantes, segundo estimativa do IBGE (2018) e área da unidade territorial de 1.048,210 km², de acordo com IBGE (2017).

O município apresenta situação crítica quanto a número crescente de barragens situadas no mesmo corpo d'água, como apresentado na Figura 4, e também, por ser um município próximo ao órgão estadual de recursos hídricos (Cuiabá), o que facilitaria as visitas técnicas.

3.2.2. Pesquisa no Órgão Fiscalizador

Foram encontrados apenas 31 (Trinta e Um) processos de outorga na SEMA-MT em locais com barramento, distribuídos pelo estado de MT. Esse cadastro das barragens possui informações como: localização das barragens; município; dados do empreendedor; material da barragem; uso principal da barragem; corpo d'água barrado; altura da barragem; volume; comprimento da barragem; além de informações de existência ou não de projetos.

No entanto, apenas 3 (Três) barragens do Município Piloto (Figura 5) estão cadastradas no setor de recursos hídricos. Essas barragens foram visitadas pelos técnicos do Setor de Recursos Hídricos da SEMA-MT no ano de 2016 e possuem relatório de vistoria com dados, inclusive aqueles comuns às outras barragens, presentes no cadastro já citado.

3.2.3. Identificação de Barragens Por Imagem de Satélite

A identificação das barragens por imagem de satélite ocorreu de forma indireta, pela identificação dos espelhos d'água. Logo, a Figura 6 apresenta as barragens do município de Várzea Grande, MT, identificadas por imagem de satélite.

Foram identificadas 288 (Duzentos e Oitenta e Oito) barragens, indiretamente por imagem de satélite, no Município Piloto, através dos espelhos d'água, sendo que muitas dessas barragens identificadas são barragens sequenciais, ou seja, estão localizadas no mesmo curso d'água.

O número de barragens se mostrou grande considerando o tamanho do município e as atividades desenvolvidas no mesmo (predominantemente industriais). Constatou-se que grande parte dessas barragens possui uso para a atividade de aquicultura.

Pela Figura 6 observa-se que grande parte das barragens estão próximas de rodovias federais e algumas localizadas na área urbana da cidade, o que gera a necessidade de atenção do órgão fiscalizador para a segurança dessas barragens.

A Figura 7 apresenta os espelhos d'água (reservatórios), as barragens identificadas por imagem de satélite e as barragens cadastradas no setor de recursos hídricos da SEMA.

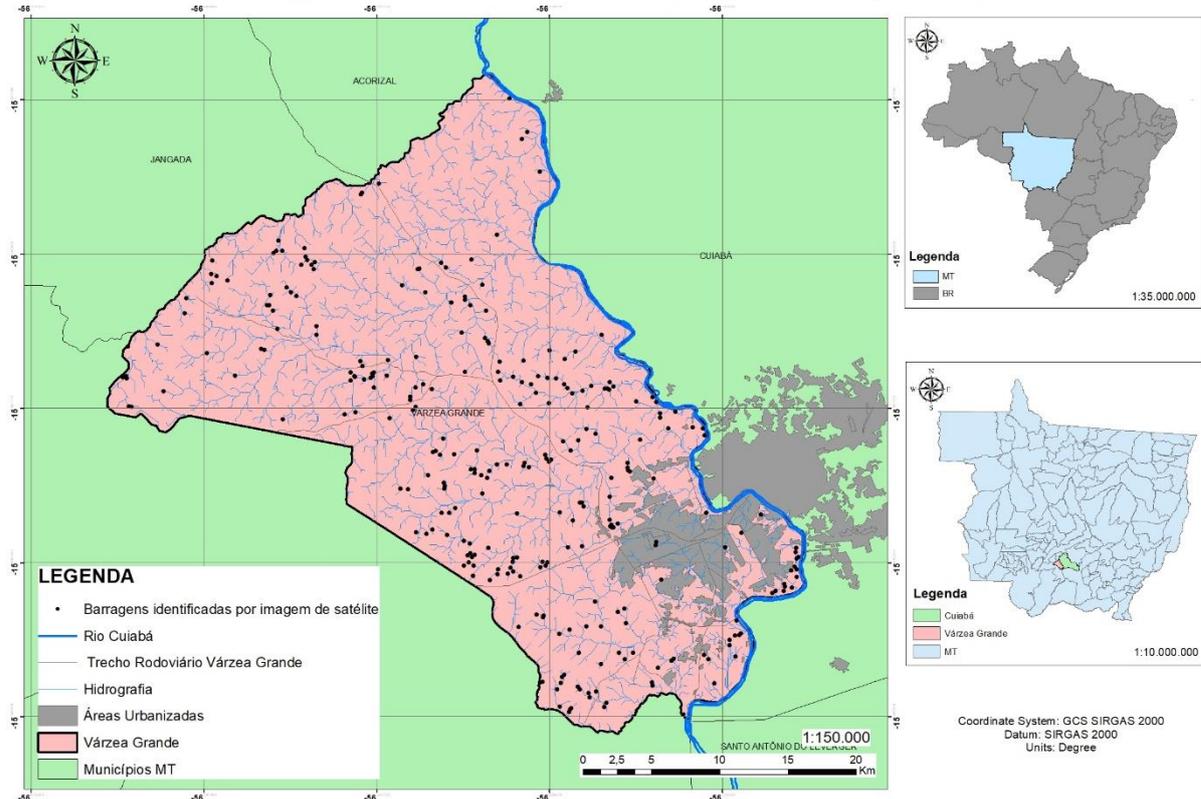


**Figura 4. Barragens Localizadas no Mesmo Corpo d'Água
Situadas no Município Piloto / Fonte – Google Earth (2018)**



Figura 5. Barragem Localizada em Várzea Grande, MT

Fonte – Souza *et al.* (2016)



**Figura 6. Barragens Identificadas por Imagens de Satélite
Localizadas no Município de Várzea Grande, MT**

De acordo com os espelhos d'água identificados, cerca de 98% dos reservatórios possuem área menor que 20 hectares, sendo que 5 (Cinco) das 6 (Seis) barragens maiores que 20 ha, são barragens dispostas sequencialmente, situadas a 2 km do Rio Cuiabá, apresentadas anteriormente na Figura 4. Não foram obtidas informações dessas barragens acerca do empreendedor, necessitando de atenção por parte da SEMA. Já a outra (sexta) barragem possui reservatório maior que 20 ha e está localizada a menos de 8 km da área urbanizada do município (Figura 8).

A metodologia possui limitações devido à resolução espacial das imagens (15 m) e impossibilidade de identificar diretamente as barragens, pois a maioria das barragens do município possuem vegetação ao redor, o que dificulta a classificação das barragens. Nesse caso, o programa acaba classificando a vegetação como barragens, por isso, foi realizada a classificação (identificação) dos espelhos d'água e em seguida a identificação das barragens baseado nos espelhos d'água.

Verificou-se que a identificação dos espelhos d'água gerou falhas na identificação de algumas barragens em cascata, as quais são muito pequenas e estão muito próximas. Esse erro não ocorreu em casos de barragens pequenas e isoladas.

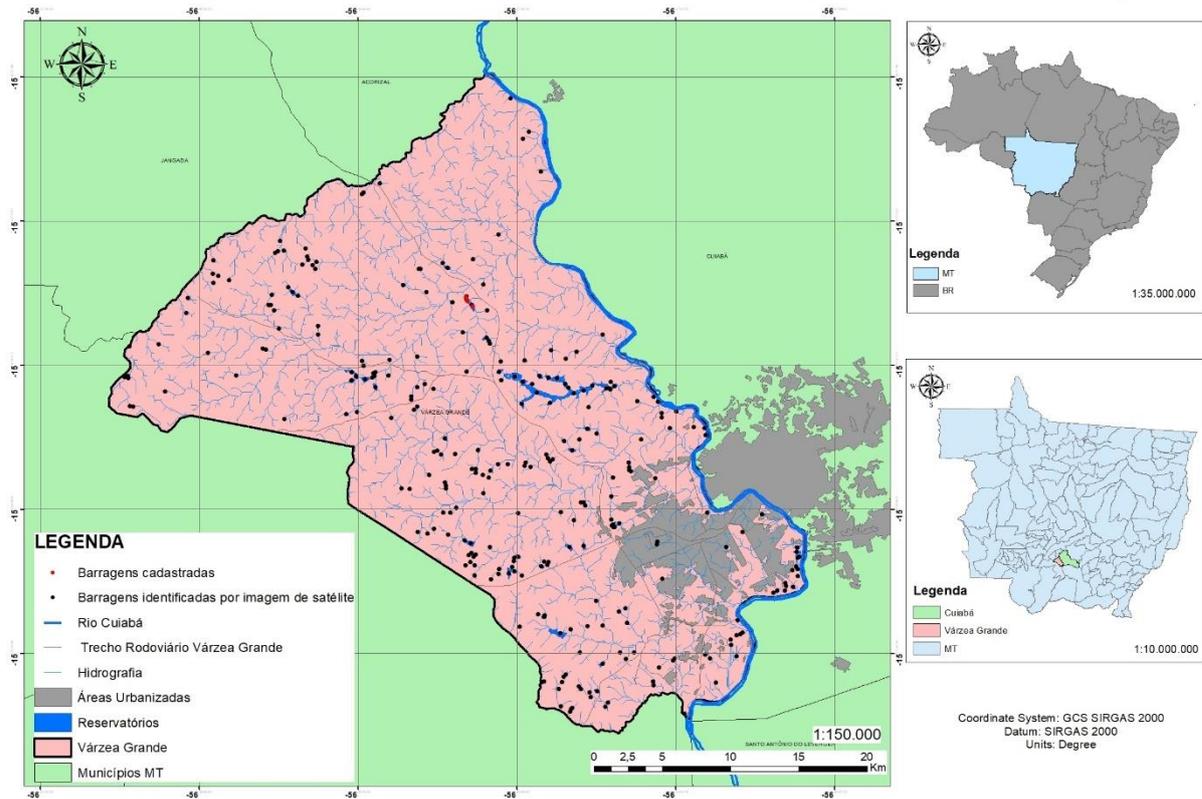


Figura 7. Barragens e Reservatórios Identificados por Imagens de Satélite Localizadas no Município de Várzea Grande, MT

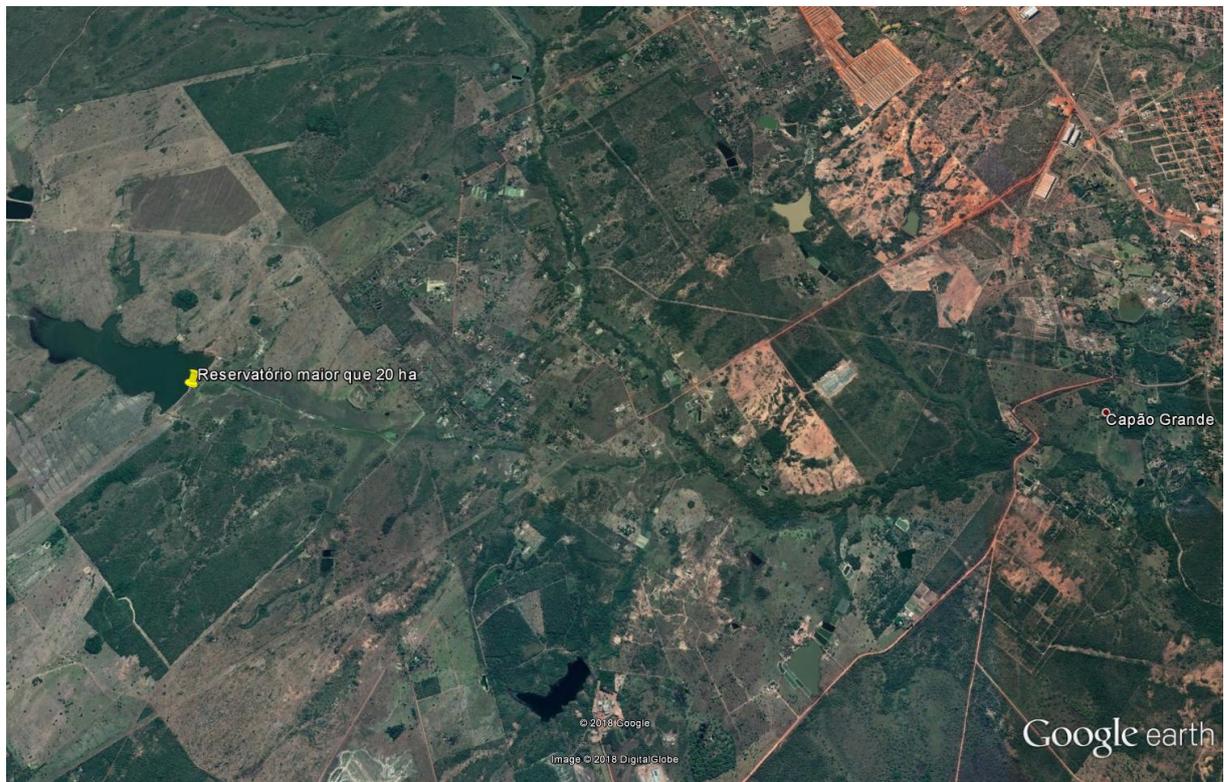


Figura 8. Reservatório com Área Maior Que 20 ha

Fonte – *Google Earth* (2018)

Verificou-se com o auxílio do *Google Earth* que algumas barragens foram identificadas na área urbana do município, no entanto, uma das limitações da metodologia foi a classificação errônea de tanques de aquicultura como se fossem espelhos d'água nessa área.

Apesar das limitações, acredita-se que a metodologia aperfeiçoada ajudará na gestão de diversos órgãos fiscalizadores da segurança de barragens que não possuem informações acerca da quantidade e localização de suas barragens. Porém, o uso da metodologia deve estar aliado a *softwares* como *Google Earth*, que permite melhor visualização das barragens.

3.2.4. Identificação de Barragens Pelo SIMCAR (Sistema Mato-Grossense de Cadastro Ambiental Rural)

Assim como a identificação das barragens por imagem de satélite, a identificação pelo SIMCAR também ocorreu de forma indireta, pela identificação dos espelhos d'água. A Figura 9 apresenta as barragens identificadas pelo SIMCAR no Município Piloto.

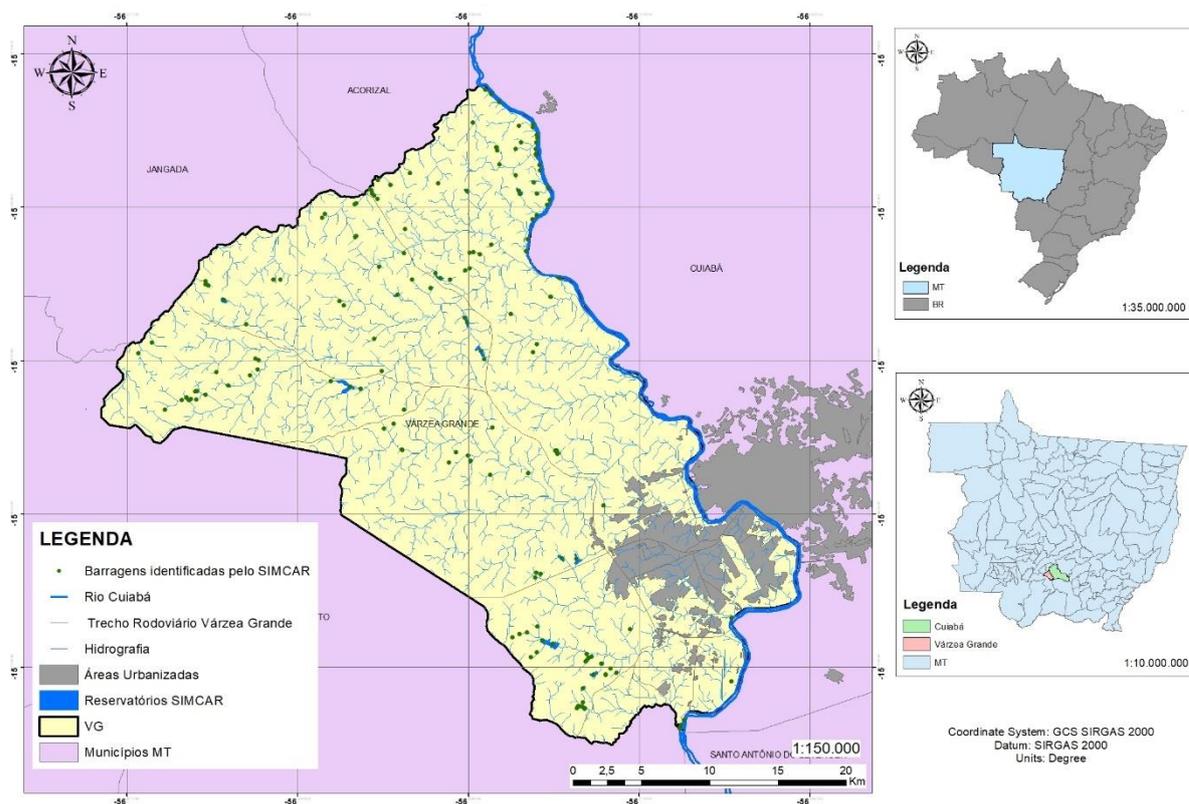


Figura 9. Barragens e Reservatórios Identificados Pelo SIMCAR, Localizadas no Município de Várzea Grande, MT

Foram identificados 156 (Cento e Cinquenta e Seis) espelhos d'água através do SIMCAR e conseqüentemente barragens, no município de Várzea Grande, MT. Porém, esse não é o número total de barragens, pois no SIMCAR constam apenas espelhos d'água cadastrados através do Cadastro Ambiental Rural (CAR). Assim, há espelhos d'água no município, que ainda não estão registrados no sistema, como vários reservatórios identificados por imagem de satélite, apresentados na Figura 10.

Pela Figura 10, notou-se que em várias situações, um único espelho d'água possui mais de uma barragem, caso das barragens em sequenciais, e não apenas uma barragem por espelho d'água, fato constatado pela observação do município no *Google Earth*. Logo, o número de barragens pelos dados do SIMCAR é menor do que os existentes no município.

A Figura 11 apresenta os espelhos d'água do estado de Mato Grosso identificados pelo SIMCAR.

No estado de MT, foram identificados 158.545 (Cento e Cinquenta e Oito Mil, Quinhentos e Quarenta e Cinco) espelhos d'água. Vale mencionar que nem todos os espelhos d'água apresentam barragens, pois muitos dos espelhos d'água são reservatórios naturais, presentes principalmente nos municípios que fazem parte do Pantanal Mato-Grossense.

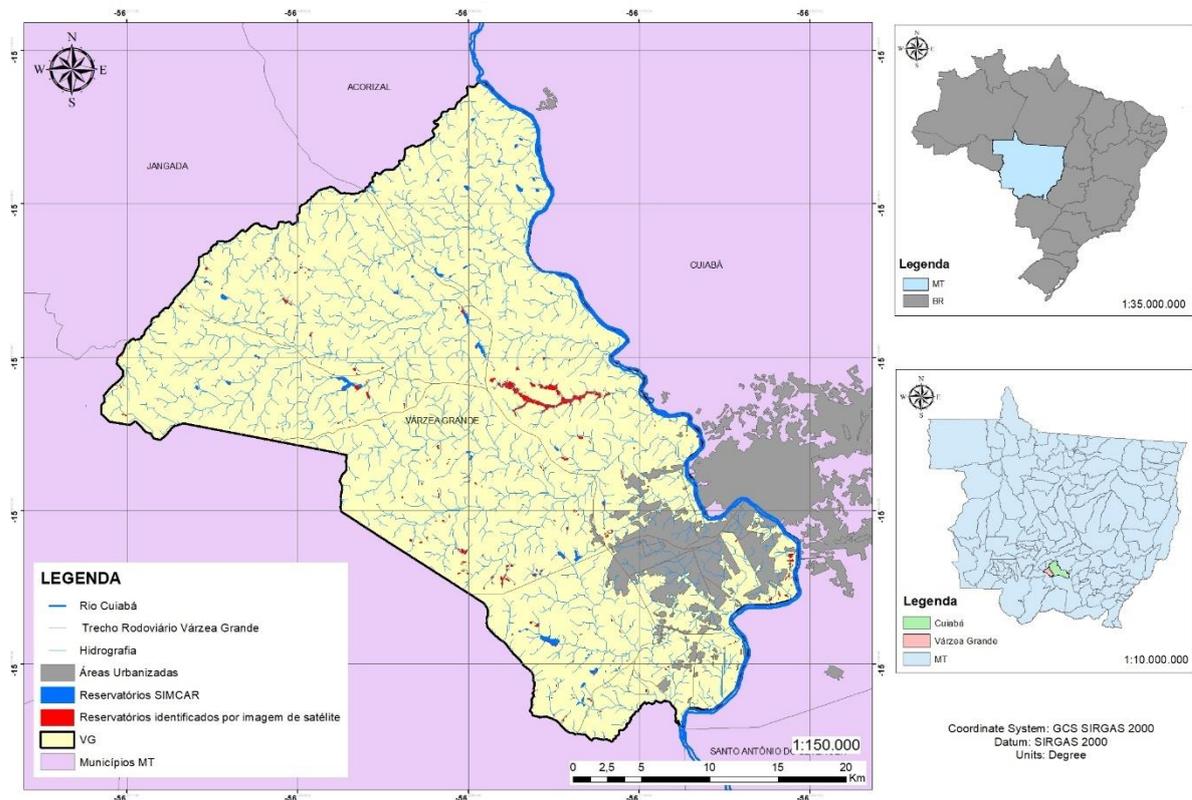


Figura 10. Reservatórios Identificados Pelo SIMCAR e Por Imagem de Satélite, Localizados no Município de Várzea Grande, MT

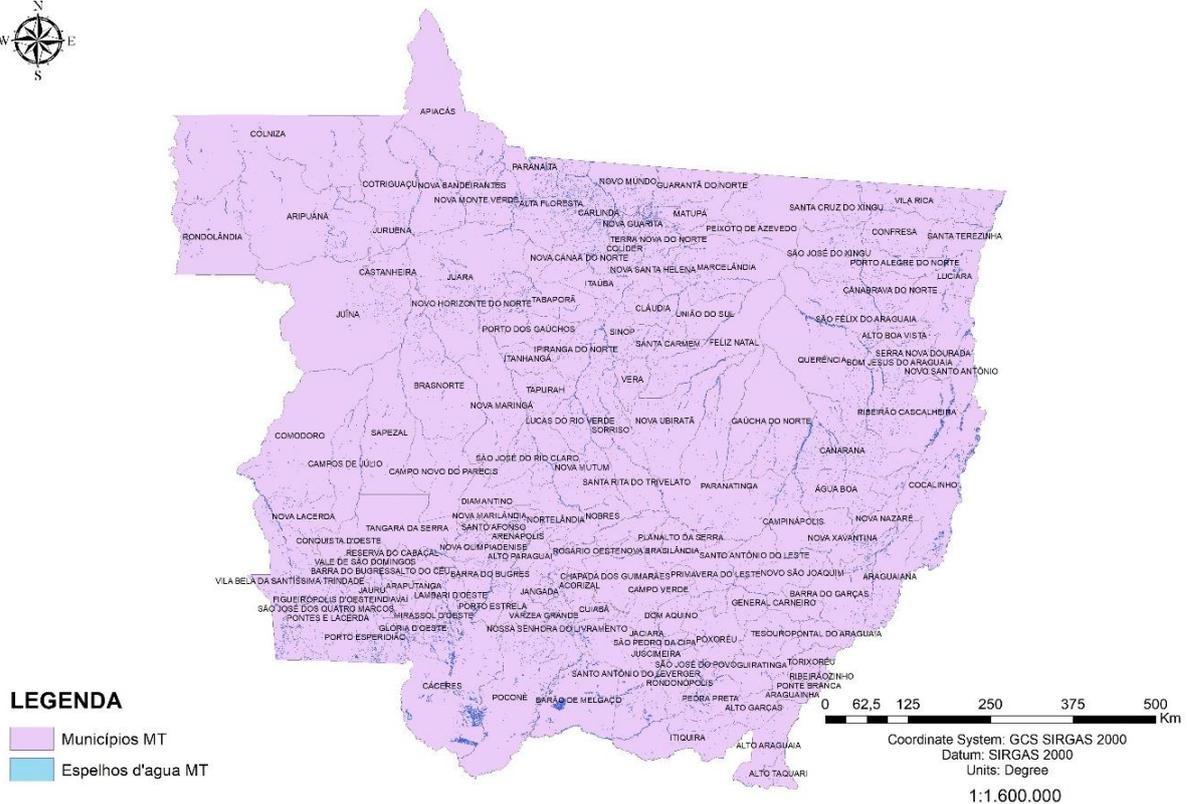


Figura 11. Espelhos d'Água do Estado de MT, Identificados Pelo SIMCAR

3.2.5. Identificação de Barragens em Situação Irregular

Todas as barragens identificadas estão em situação irregular, já que o decreto para a regularização das barragens do estado de MT está em processo de aprovação. Porém, no Município Piloto há três barragens que já possuem processo de outorga.

3.2.6. Busca de Informações no SIMCAR

As informações pertinentes a segurança de barragens que foram obtidas no SIMCAR são: área dos reservatórios; nome dos empreendedores; nomes das fazendas e a localização dos espelhos d'água.

3.2.7. Análise da Influência Negativa das Barragens Situadas no Mesmo Rio

As Figuras 12, 13 e 14 apresentam as manchas de classificação por DPA considerando o rompimento isolado, de cada uma das barragens B1, B2 e B3, respectivamente.

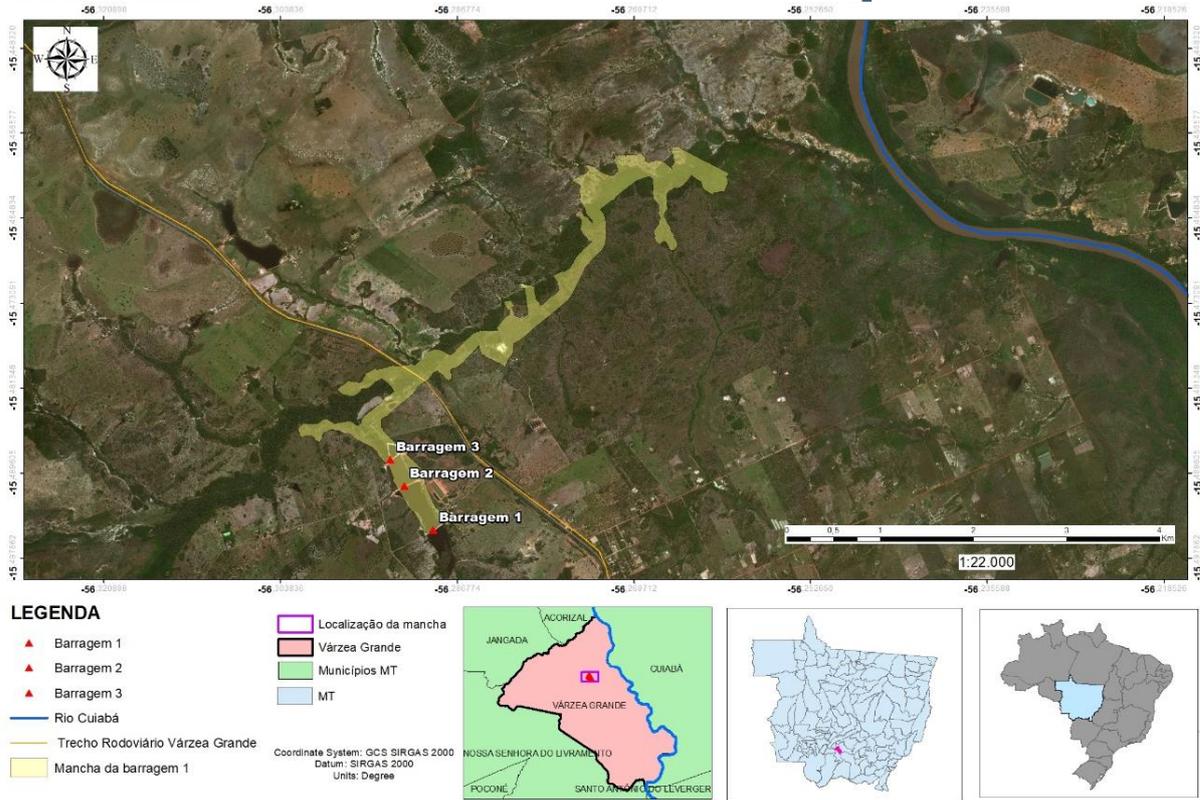


Figura 12. Mancha da Barragem B1

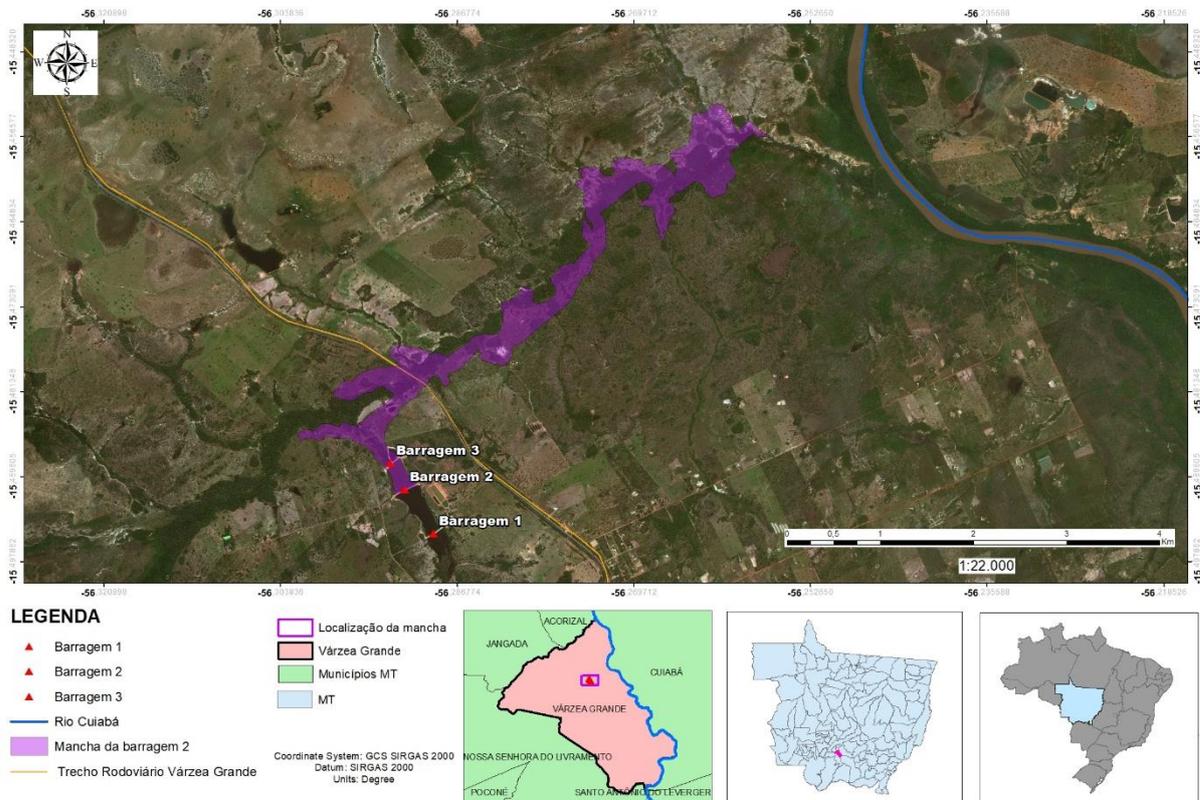


Figura 13. Mancha da Barragem B2

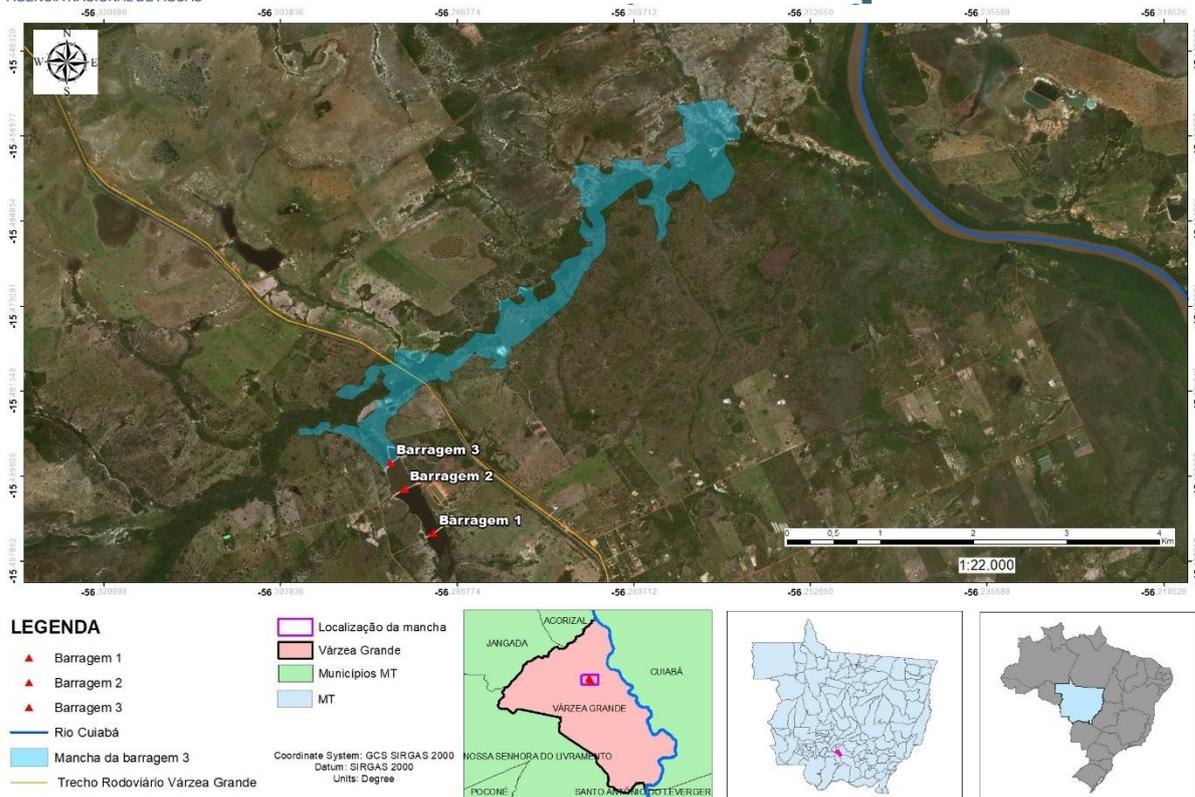


Figura 14. Mancha da Barragem B3

Pelas análises das manchas isoladas e pelos valores das cotas máximas obtidas, é possível perceber que o rompimento da barragem de montante (barragem B1), provavelmente provocaria o rompimento das barragens B2 e B3, pois as cotas máximas obtidas na simulação da barragem B1, nas seções das barragens B2 e B3, são: 175,32 manm e 174,33 manm, respectivamente.

As cotas do coroamento dessas barragens são 174 manm e 173 manm, respectivamente, e assim, pela simulação, a água poderia passar por sobre a crista dessas barragens, o que provavelmente iria provocar o rompimento, por galgamento.

O mesmo ocorreu com as cotas máximas da simulação do rompimento isolado da barragem B2. Nesse caso, a onda provavelmente permitiria a passagem das águas por sobre a barragem B3, de acordo com a simulação, pois a cota máxima na seção onde localiza-se a barragem B3 é 174,89 manm e a cota de coroamento da barragem é 173 manm.

A Figura 15 apresenta as três manchas das barragens B1, B2 e B3 juntas.

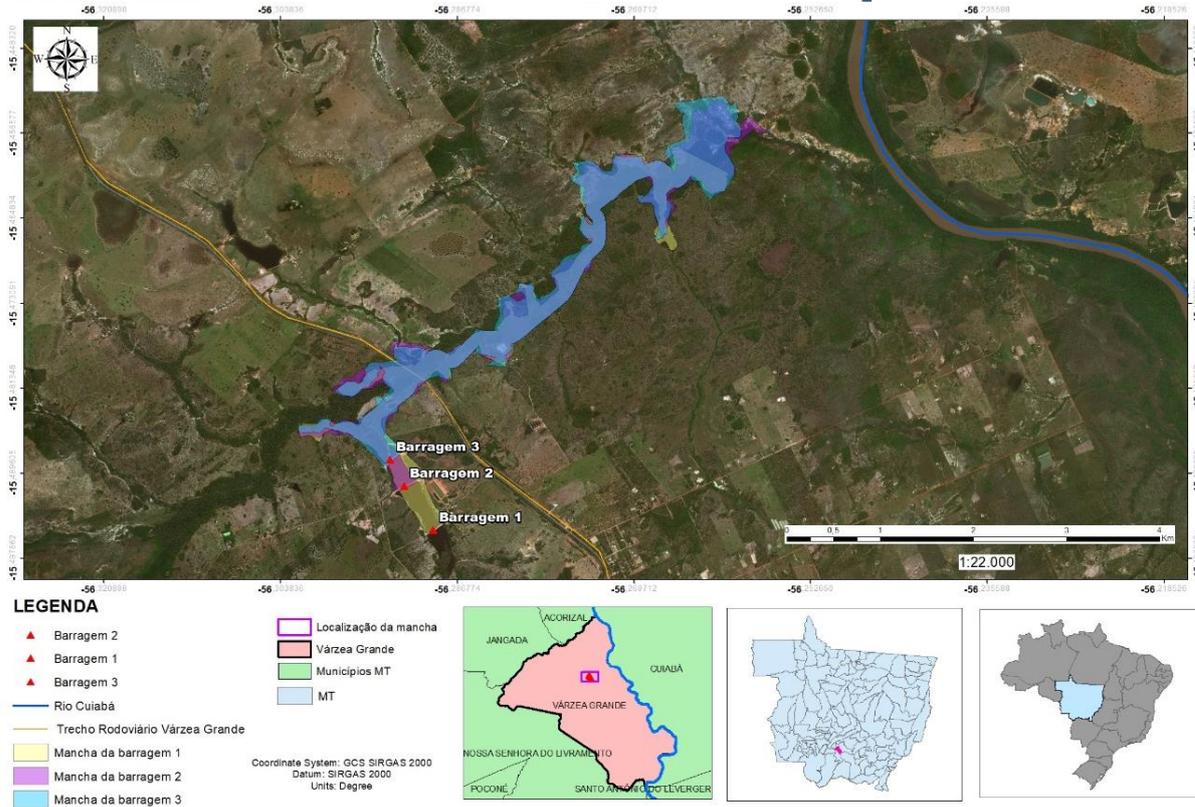


Figura 15. Mancha das Barragens B1, B2 e B3, Juntas

As Figuras 16 e 17 apresentam o cenário que considera o rompimento das barragens B2 e B3 e a simulação do rompimento das barragens B1, B2 e B3.

Pelas figuras, percebe-se que as manchas geradas pelos rompimentos em cascata são maiores que as manchas considerando os rompimentos isolados das barragens, o que demonstra a necessidade de um procedimento de regularização diferenciado para essas barragens, já que elas devem ser classificadas em conjunto.

Como as simulações S4 e S5 foram iniciadas a partir da barragem B3, as manchas geradas partiram dessa barragem. Logo, houve necessidade de editá-las, pois sabe-se que na prática a mancha iniciaria da primeira barragem a ser rompida, no caso, barragem B2 para a simulação S4 e barragem B1 para a simulação S5.

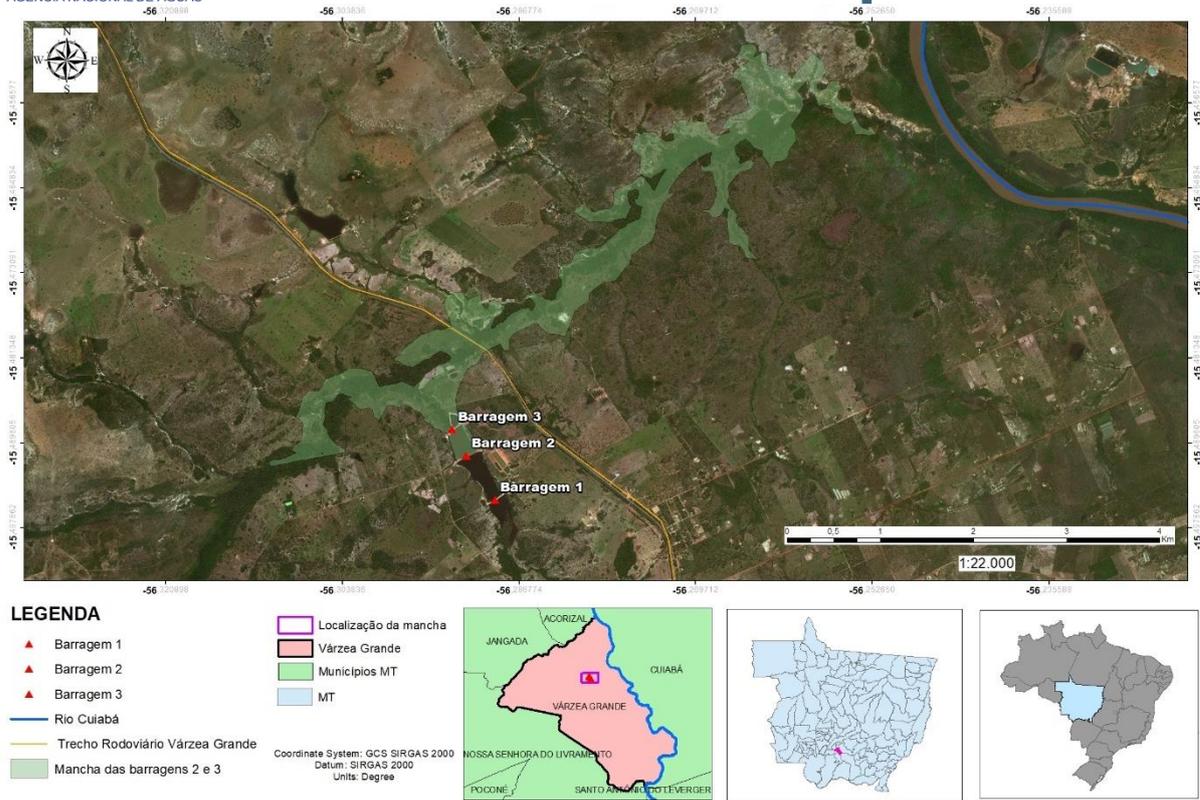


Figura 16. Mancha das Barragens B2 e B3

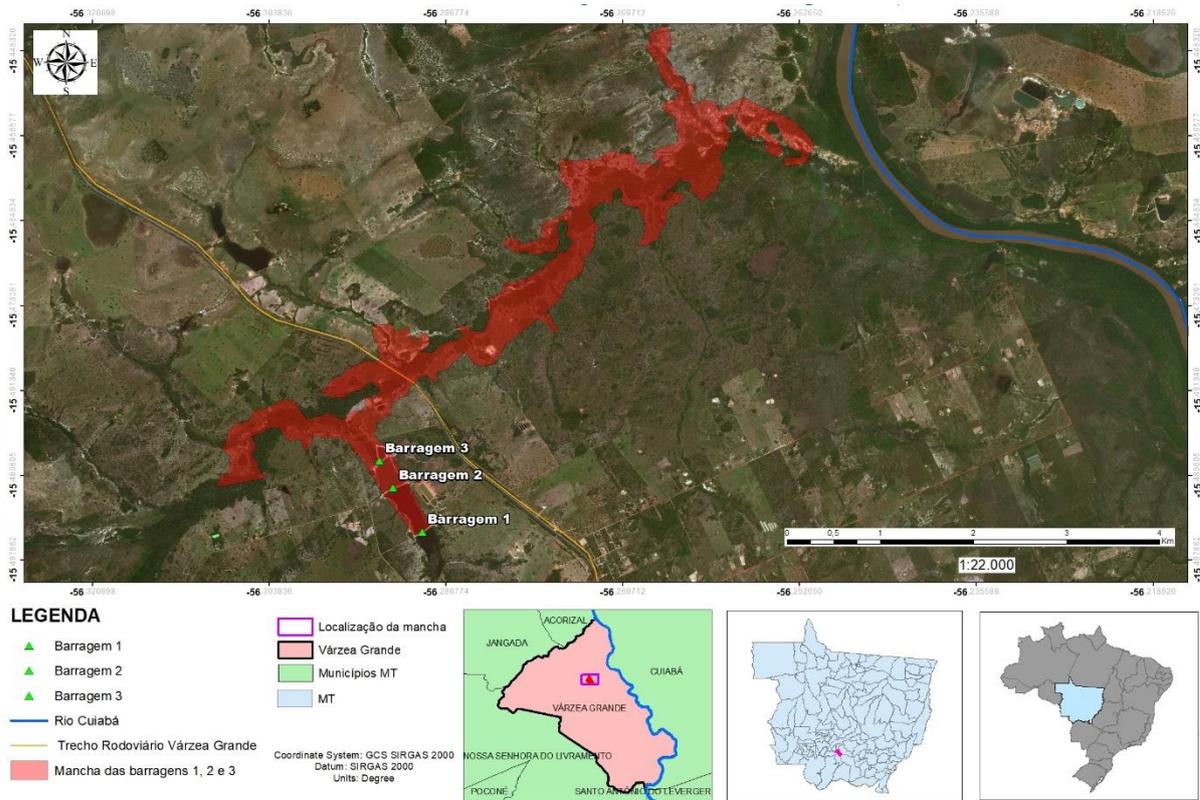


Figura 17. Mancha das Barragens B1, B2 e B3

A Tabela 3 apresenta a matriz de classificação por DPA da Resolução nº 132/2016 ANA, que foi utilizada para classificar as barragens B1, B2 e B3 do município de Várzea Grande, MT e para classificá-las considerando o rompimento em cascata.

Considerando a classificação das barragens isoladamente, todas são classificadas com DPA ALTO, conforme Resolução nº 143/2012 CNRH e Resolução nº 236/2017 ANA. E, de acordo com a matriz de classificação quanto ao DPA, da Resolução nº 132/2016 ANA, a mancha nos 3 casos passa por habitações onde há ocupação permanente, rodovia federal e tanques de aquicultura, como apresentada nas Figuras 18 e 19, totalizando DPA igual a 16 (a= 1, b= 12, c= 0, d= 3).

O mesmo ocorreu considerando o rompimento das barragens em cascata, tanto para o cenário do rompimento das barragens B2 e B3, quanto para o cenário de rompimento das três barragens.

Tabela 3. Classificação Quanto ao Dano Potencial Associado – DPA, para Barragens de Acumulação de Água

Volume Total do Reservatório (a)	Potencial de perdas de vidas humanas (b)	Impacto ambiental (c)	Impacto sócio-econômico (d)
Pequeno < = 5 milhões m ³ (1)	INEXISTENTE (não existem pessoas permanentes/residentes ou temporárias/transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	POUCO SIGNIFICATIVO (quando a área afetada da barragem não representa área de interesse ambiental, áreas protegidas em legislação específica ou encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais) (1)	INEXISTENTE (Quando não existem quaisquer instalações e serviços de navegação na área afetada por acidente da barragem) (0)
Médio 5 milhões a 75 milhões m ³ (2)	POUCO FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (4)	SIGNIFICATIVO (quando a área afetada incluir áreas de proteção de uso sustentável – APA, FLONA, RESEX, etc. – ou quando for área de interesse ambiental e encontrar-se pouco descaracterizada de suas condições naturais) (2)	BAIXO (quando existem de 1 a 5 instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais ou infraestrutura na área afetada da barragem) (1)
Grande 75 milhões a 200 milhões m ³ (3)	FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal, estadual, federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (8)	MUITO SIGNIFICATIVO (quando a área afetada incluir áreas de proteção integral – ESEC, PARNA, REBIO, etc. inclusive Terras Indígenas – ou quando for de grande interesse ambiental em seu estado natural) (5)	MÉDIO (quando existem mais de 5 até 30 instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura na área afetada da barragem) (3)
Muito Grande > 200 milhões m ³ (5)	EXISTENTE (existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (12)	-	ALTO (existe grande concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais, de infraestrutura e serviços de lazer e turismo na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (8)
DPA = Σ (a até d):			

Fonte - Resolução nº 132/2016 ANA

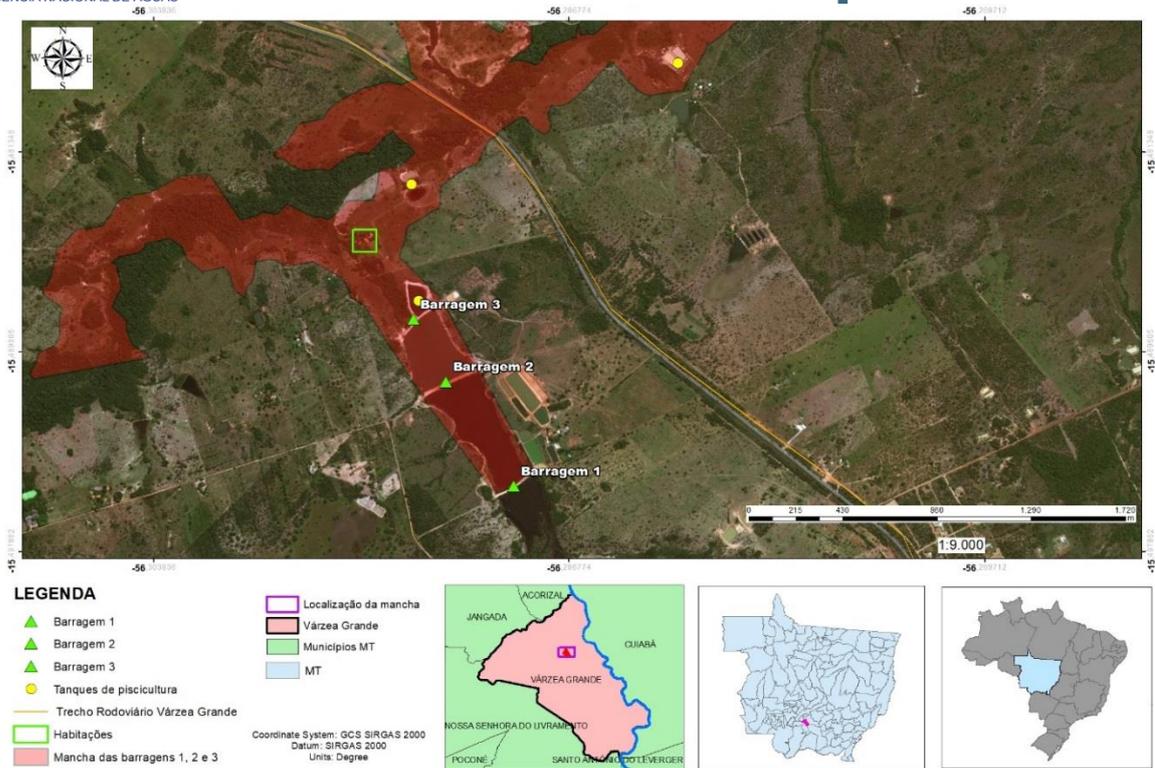


Figura 18. Detalhe das Habitações, Tanques de Aquicultura e Trecho Rodoviário Presentes na Mancha, Considerando Ruptura das Barragens B1, B2 e B3

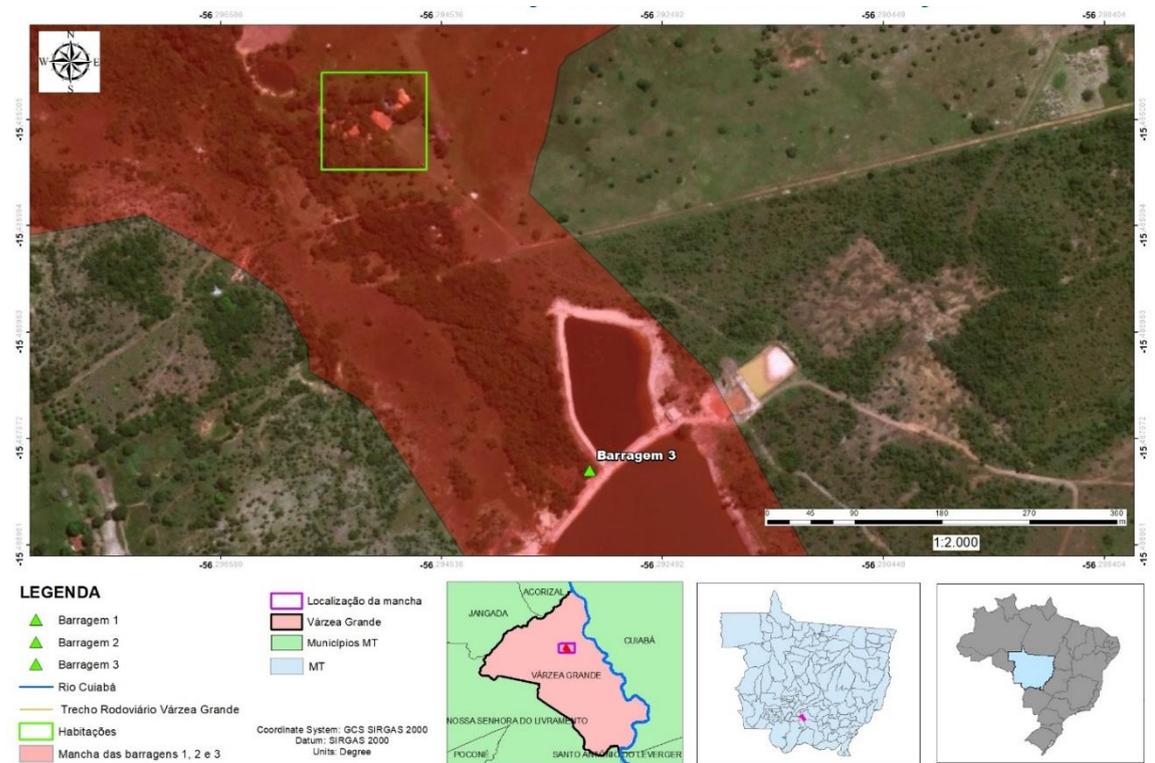


Figura 19. Detalhe das Habitações Presentes na Mancha, Considerando o Rompimento das Barragens B1, B2 e B3

É importante mencionar que o próprio programa realiza o cálculo da extensão do rio a ser modelada, aproximadamente 7 km para todas as simulações. Logo, todas as manchas geradas possuem cerca de 7 km de extensão e, conseqüentemente, não chegam ao rio Cuiabá. No entanto, acredita-se que se a simulação ocorresse para uma distância maior, a mancha chegaria ao corpo d'água principal, porém acredita-se também que o próprio rio amorteceria essa onda de cheia.

A análise da influência negativa das barragens situadas no mesmo rio é extremamente importante para que os órgãos fiscalizadores da segurança de barragens tenham ciência dos possíveis impactos das barragens em cascata (e não apenas sequenciais, quando não haveria ruptura em efeito 'dominó'), para exigir dos empreendedores: estudos, relatórios e planos de ação, necessários para garantir a segurança dessas barragens, bem como as atividades imediatas de resiliência.

3.2.8. Visita às Barragens de Pequeno Porte e Aplicação de Questionário

Nas visitas às barragens percebeu-se algumas condições que requerem cuidados nas barragens do estado, tais como: excesso de vegetação nos taludes (a); fissuras e erosão no talude (b); trincas no coroamento (c); estradas próximas (d); conforme a Figura 20.

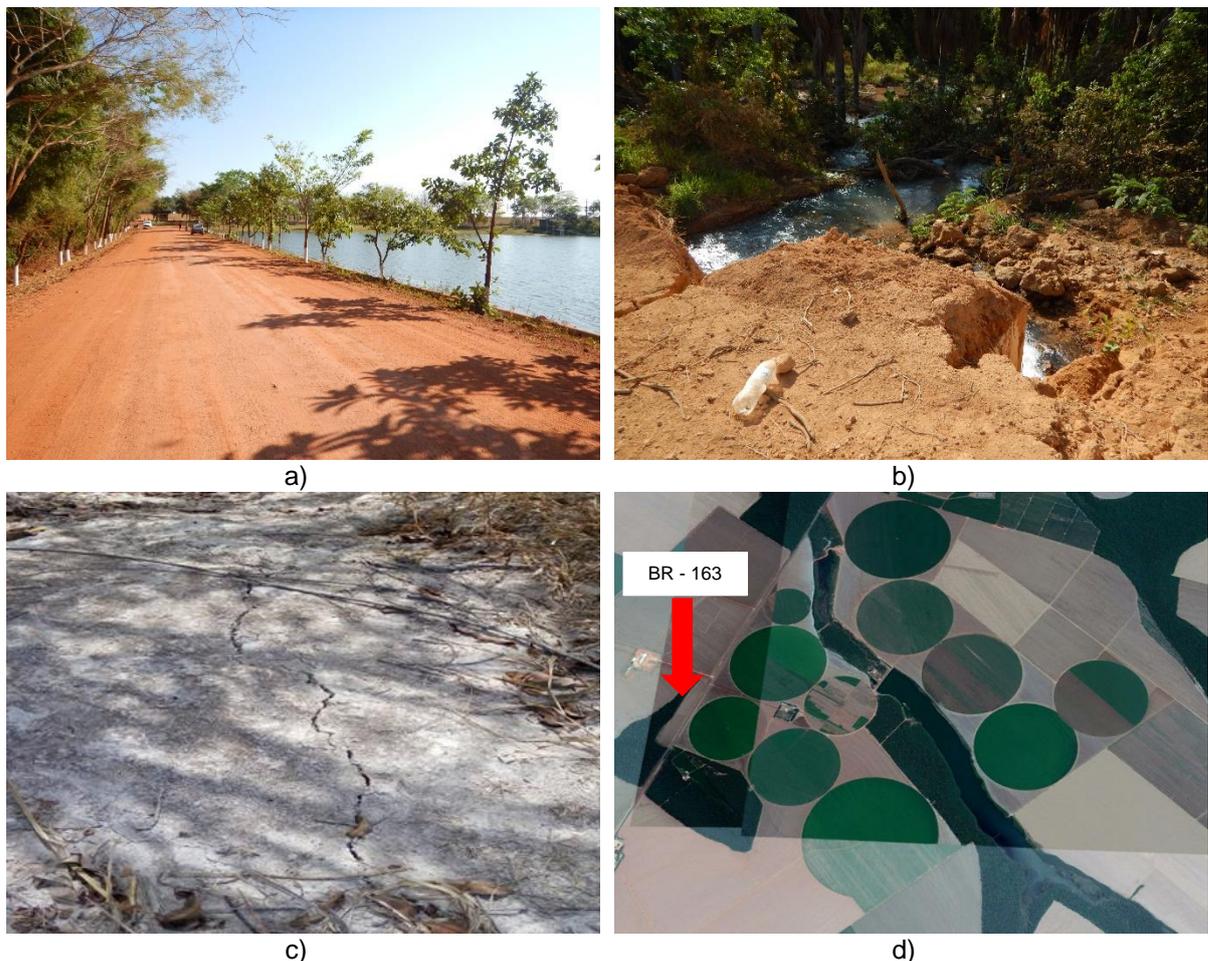


Figura 20. Principais Condições Verificadas nas Barragens Visitadas

Das barragens visitadas, duas já sofreram rompimento em anos anteriores, inclusive o rompimento ocorreu em cascata, começando pela barragem de montante e atingiu a BR-163 (Figura 20d).

Os gráficos apresentados na Figura 21, apresentam as principais dificuldades dos empreendedores para o cumprimento da PNSB.

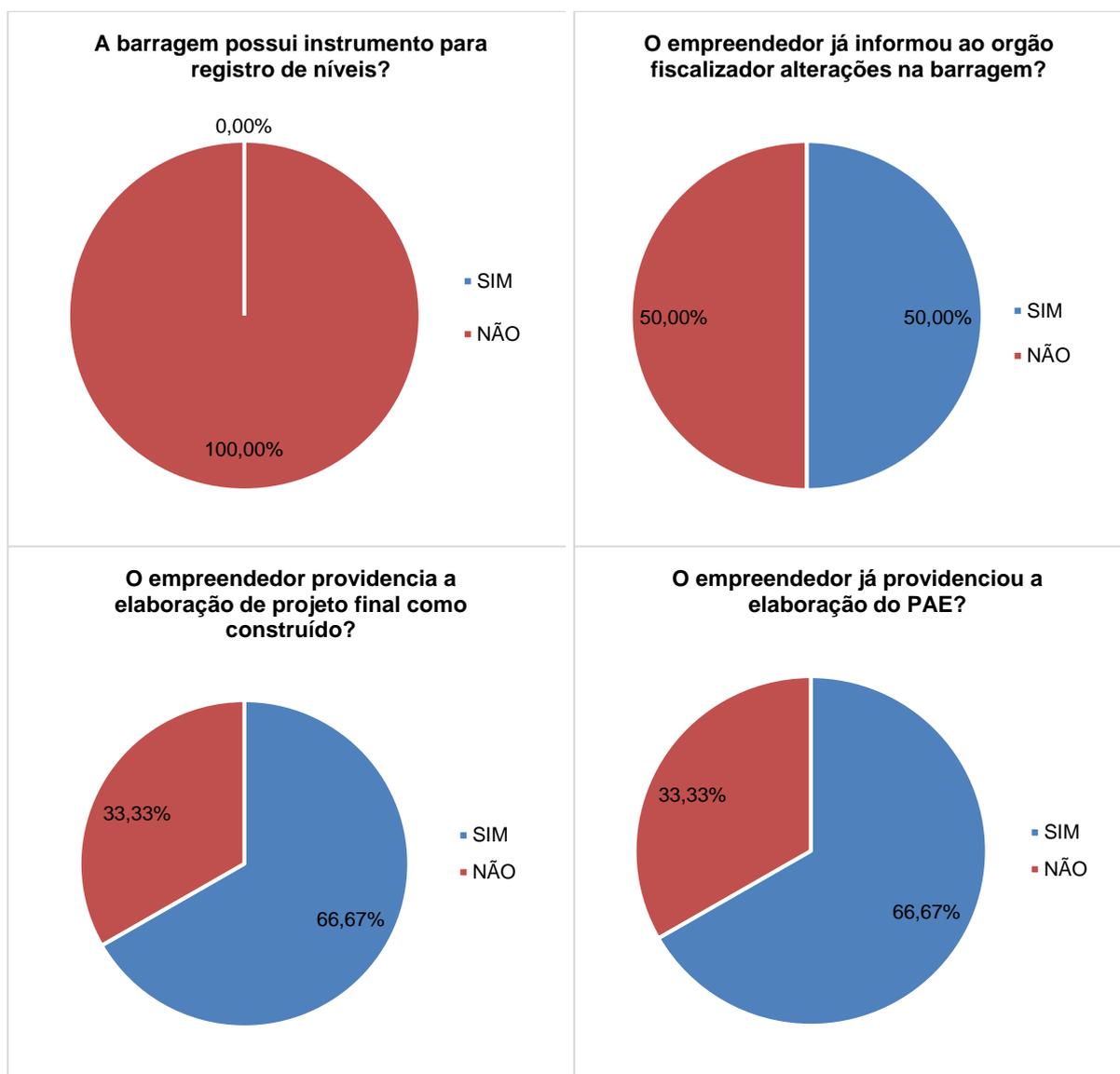


Figura 21. Principais Dificuldades Identificadas

As principais dificuldades dos empreendedores no cumprimento da PNSB, identificadas de acordo com os questionários, foram: manter registros dos níveis dos reservatórios; informar ao respectivo órgão fiscalizador qualquer alteração que possa acarretar redução da capacidade de descarga da barragem ou que possa comprometer a sua segurança; providenciar, para novos empreendimentos, a elaboração do projeto final como construído; providenciar a elaboração do Plano de Ação de Emergência (PAE).

Essas dificuldades identificadas foram compatíveis com o verificado *in loco* e no órgão fiscalizador, pois não há registros na SEMA a respeito de comunicação por parte do empreendedor sobre alterações nas barragens e foi informado no local da visita que já ocorreram modificações desse tipo. Além disso, nenhuma das barragens visitadas possui equipamentos para registro de níveis dos reservatórios.

Nenhuma das barragens visitadas possui PAE, pois o objetivo da visita pelos técnicos da SEMA-MT foi a elaboração da vistoria para a classificação. Não havia sido feita orientação ou exigência (conforme legislação) para seu preparo.

Algumas das dificuldades observadas *in loco*, não citadas como principais pelos entrevistados, foram: providenciar a elaboração do Plano de Segurança da Barragem – PSB; a elaboração de inspeções de segurança regular, com relatórios disponíveis no órgão fiscalizador; e a elaboração de revisões periódicas, já que em nenhuma das barragens visitadas verificou-se a existência desses documentos.

Tabela 4. Ordenamento das Obrigações dos Empreendedores

Ordem Nº	Item
1	Providenciar, para novos empreendimentos, a elaboração do projeto final como construído (<i>'As Built'</i>)
2	Efetuar leitura e manter registros dos Instrumentos de Auscultação e dos níveis dos reservatórios, com a respectiva correspondência em volume armazenado, bem como das características químicas e físicas do fluido armazenado
3	Elaborar o PAE (Plano de Ação de Emergência)
4	Informar ao órgão fiscalizador qualquer alteração executada na estrutura, que possa acarretar aumento de volume armazenado, ou redução da capacidade de descarga da barragem ou que possa comprometer a sua segurança
5	Realizar inspeções de segurança regular, e disponibilizar o relatório, ao órgão fiscalizador e à sociedade civil
6	Elaborar as Revisões Periódicas de Segurança - RPS
7	Providenciar a elaboração e a atualização do Plano de Segurança da Barragem - PSB, observadas as recomendações das inspeções e as revisões periódicas de segurança
8	Cadastrar e manter atualizadas as informações relativas à barragem no SNISB (Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens)
9	Permitir o acesso irrestrito do órgão fiscalizador e dos órgãos integrantes do Sindec (Sistema Nacional de Defesa Civil) ao local da barragem e à sua documentação de segurança
10	Organizar e manter em bom estado de conservação, as informações e a documentação referentes ao projeto, à construção, à operação, à manutenção, à segurança e, quando couber, à desativação da barragem
11	Manter serviço especializado em segurança de barragem, conforme estabelecido no Plano de Segurança da Barragem - PSB;
12	Fornecimento de recursos para garantir a segurança da barragem

O ordenamento decrescente de dificuldade, referente às obrigações dos empreendedores, apresentadas na PNSB, estão representadas na Tabela 4, sendo que o

número 1 identifica a obrigação considerada mais difícil pelos entrevistados e 12 a obrigação mais fácil de cumprir.

A obrigação considerada a mais fácil de cumprir, segundo os entrevistados, foi fornecer os recursos necessários à garantia da segurança da barragem. Esse resultado se mostra adequado a realidade constatada nas barragens, pois apesar das fragilidades encontradas na gestão das barragens, os empreendedores fornecem recursos, principalmente humanos para garantir a segurança das barragens. Talvez falte conhecimento e orientação quanto às atividades necessárias para proteção e manutenção das estruturas.

Já a obrigação mais difícil de cumprir, de acordo com os entrevistados, foi providenciar a elaboração de projeto final como construído da barragem. Esse item também é compatível com a realidade verificada nas visitas das barragens, pois, apenas duas dessas barragens possuem projeto final como construído. Assim, haveria necessidade de se tentar efetuar o levantamento e preparar detalhes da situação atual ('As Is').

Menciona-se que o item XII da PNSB (manter registros dos níveis de contaminação do solo e do lençol freático, na área de influência do reservatório) não é aplicável às barragens visitadas.

Os resultados apresentados para essa atividade ainda são preliminares, pois serão realizadas visitas e aplicação de questionários em outras barragens do estado de MT.

3.2.9. Busca de Informações Para Regularização, em Órgãos Fiscalizadores de Outros Estados

Informações que poderão ser úteis para a proposta de regularização das barragens do Município Piloto (Várzea Grande, MT), foram encontradas em processos existentes nos órgãos fiscalizadores dos estados do Rio Grande do Sul e de Tocantins, além de Portugal, porém essa atividade ainda não foi concluída.

3.3. DENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS, QUAL (QUAIS) DELES INDICA(M) QUE O OBJETIVO DA PESQUISA SERÁ FUTURAMENTE ALCANÇADO? EXPLIQUE.

Acredito que todos os resultados obtidos são fundamentais para alcançar o objetivo da pesquisa que é "Segurança de Barragens com foco em: atuação em barramentos de pequeno porte; pesquisa de percepção; treinamento e elaboração de manual e cartilhas voltados aos empreendedores e à sociedade civil no estado do Mato Grosso", pois eles fazem parte de um conjunto para a gestão da segurança de barragens em MT.

Com o preparo de documentos, estabelecimento de procedimentos e divulgação orientada, aos empreendedores, o registro das barragens, as manutenções e prevenções, bem como as ações de fiscalização do órgão, serão facilitados.

Os resultados obtidos até o momento suprem algumas necessidades identificadas no órgão, como a identificação das barragens e a implantação da metodologia da mancha de classificação. Além disso, os questionários elaborados demonstraram as dificuldades dos empreendedores no cumprimento da PNSB. Assim a proposta de regularização levará em conta essas dificuldades. Acrescenta-se ainda, que as visitas às barragens serão de grande proveito para a elaboração da proposta de regularização (próxima etapa do plano de trabalho), já que (com as primeiras visitas realizadas) foi possível conhecer a realidade de algumas barragens do estado.

3.4. COM BASE NOS RESULTADOS OBTIDOS NESSES TRÊS MESES DE PESQUISA, QUAL A SUA ANÁLISE SOBRE O PROGRESSO/ANDAMENTO DA SUA PESQUISA? ESTÁ A CONTENTO?

Acredito que a pesquisa está caminhando bem, já que o cronograma previsto está sendo cumprido e alguns dos produtos elaborados até o momento se mostraram relevantes para a gestão da segurança de barragens no estado de MT e para o cumprimento dos objetivos da pesquisa.

4. CONTINUIDADE DA PESQUISA - PRÓXIMOS PASSOS

4.1. EM DEZEMBRO HAVERÁ A APRESENTAÇÃO DO RELATÓRIO PARCIAL DA PESQUISA, RELATIVO A SEIS MESES DE TRABALHO. QUAL A SUA EXPECTATIVA EM TERMOS DE PROGRESSO DA FERRAMENTA QUE ESTÁ SENDO DESENVOLVIDA?

Minha expectativa até dezembro é que as ferramentas desenvolvidas até o momento sejam de fato implantadas no órgão e utilizadas pelos técnicos do setor de recursos hídricos da SEMA-MT, para a segurança das barragens do estado de Mato Grosso.

Espero também concluir os Manuais e Cartilhas voltados para os empreendedores e sociedade civil do estado de Mato Grosso, para a regularização das barragens, facilitando assim, a fiscalização das barragens do estado, a partir de informações diretas e de fácil compressão.

4.2. QUAIS DADOS AINDA SE FAZEM NECESSÁRIOS PARA SE ATINGIR O PROGRESSO DESCRITO ACIMA?

Para a implantação do uso da metodologia de geração da mancha de classificação por Dano Potencial Associado (DPA) na SEMA-MT é necessária a atualização da versão do *software* ArcGis existente no órgão, o que já foi solicitado aos responsáveis. Além disso, será necessário o fornecimento do SRTM 30 m para os técnicos do setor, pois o arquivo disponível no site da ANA está corrompido, devido ao tamanho (maior que 7 GB).

Sobre a implantação dessa metodologia, a SEMA-MT possui a vantagem que alguns técnicos do setor de recursos hídricos participaram do curso “Geração de Manchas para Classificação de Barragens Quanto ao Dano Potencial Associado - Metodologia Simplificada”, para a elaboração da mancha de classificação ministrado pela ANA (Agência Nacional de Águas). Isso deverá facilitar a implantação efetiva da classificação de acordo com essa metodologia.

Para a elaboração dos Manuais e Cartilhas serão necessárias mais pesquisa a órgãos fiscalizadores de outros estados e busca de informações em outros países, além de discussão com os próprios técnicos da SEMA – MT para a definição de um procedimento mais adequado à realidade do estado de Mato Grosso.

Acrescenta-se ainda que para a elaboração dos Manuais e Cartilhas será necessário o apoio da SEMA e/ou IPEA/ANA para a revisão, avaliação da diagramação e conteúdo e aprovação dos materiais produzidos.

4.3. QUE TIPO DE SUPORTE DA COORDENAÇÃO VOCÊ NECESSITA PARA LHE AUXILIAR NAS PRÓXIMAS ETAPAS?

No momento, necessito de suporte financeiro para realizar visitas em outras barragens do estado e porventura o auxílio no que se refere a modelo, revisão e diagramação dos Manuais e Cartilhas que serão produzidos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 5.1. ANA – Agência Nacional de Águas, “Geração de manchas para classificação de barragens quanto ao dano potencial associado: Metodologia simplificada”, ANA, Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/handle/ana/319>> Acesso em: 14/08/2018.

- 5.2. ANDREU, V., “Resolução Normativa n. 132, de 22 de fevereiro de 2016”, ANA, Brasília, DF, 22FEV16;
- 5.3. _____, “Resolução Normativa n. 236, de 30 de janeiro de 2017”, ANA, Brasília, DF, 30JAN17;
- 5.4. BRASIL, Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, Casa Civil, Brasília, DF, 2010.
- 5.5. COMISSÃO REGIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS, Guia Básico de Segurança de Barragens, São Paulo, SP, NRSP-CBDB, 66 pág, 1999;
- 5.6. DAM SAFETY. An Owner’s Guidance Manual, Washington, FEMA, 1987.
- 5.7. _____, MODEL State Dam Safety Program, FEMA, Washington, DC, USA, 1998.
- 5.8. ELLAM, J. J. “Responsibility and Liability of Public and Private Interests on Dams”, In: Proceedings, Engineering Foundation Conference, Pacific Grove, CA, SEPT28/OCT03, 1975, ASCE, N.Y, USA, 1976.
- 5.9. FARIAS, R. S. “Avaliação do Potencial de Dano Ambiental das Barragens de Contenção de Rejeitos, de Resíduos e de Reservatório de Água em Empreendimentos Industriais de Mineração no Estado de Minas Gerais”, Anexo 4, Relatório Final, FEAM, Belo Horizonte, MG, 2004.
- 5.10. FUSARO, T. C.; ANDERÁOS, A.; LEONARDI, C.; PIMENTEL, C. E. B.; NEUMANN, C.; OSAKO, C.; COELHO, D. P.; DIAS, G. G.; FARIA, E. F.; WILLRICH, F. L.; PATIAS, J.; OLIVEIRA, J. A.; ARAÚJO, L. M. N.; MATOS, S. F.; FERREIRA, C. L., “Módulo III: Gestão e Desempenho de Barragens”, Unidade 1: Análise e Gestão de Riscos. Disponível em: <https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/110/27/Unidade_1-modulo3.pdf> Acesso em: 30/07/2018.
- 5.11. GOOGLE. Google Earth. Version 7.1 Pro. 2018. Nota (Várzea Grande). Disponível em: <<https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/desktop/>>. Acesso em: 30/07/2018.
- 5.12. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, “Território e Ambiente”, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/varzea-grande/panorama>> Acesso em: 18/09/2018.
- 5.13. _____, “População no último censo”, 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/varzea-grande/panorama>> Acesso em: 18/09/2018.
- 5.14. INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, “Divisão de geração de imagens” Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>> Acesso em: 20/07/2018.

- 5.15. MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, Avaliação da Segurança de Barragens Existentes, Eletrobrás, RJ, 166 pág, 1986.
- 5.16. MENESCAL, R. A. (Organizador), A Segurança de Barragens e a Gestão de Recursos Hídricos no Brasil, Ministério Integração Nacional, Brasília, DF, 2004.
- 5.17. PROÁGUA, Semi-Árido Obras (UGPO), Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, Ministério da Integração Nacional, Brasília, DF, 148 pág, 2002.
- 5.18. RODRIGUES, L. N.; SANO, E. E.; AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M., Pequenas Barragens de Terra na Bacia do Rio Preto: Distribuição Espacial e Área do Espelho d'Água, In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, São Paulo, 2007.
- 5.19. SOUZA, E. A. S.; PASCHOAL, R. J. F.; BARRETO, C. J. R. Relatório de Vistoria de Barragem. Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMA, Cuiabá, MT, 2016.
- 5.20. TEIXEIRA, I. & GUIMARÃES, P. W., "Resolução Normativa n. 143, de 10 de julho de 2012", CNRH, Brasília, DF, 10JUL12;

VERSO DEIXADO
PROPOSITALMENTE
EM
BRANCO
(void)