

## INTERFACE GRÁFICA PARA ACOMPANHAMENTO DA APLICAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Alessandra Almeida Gonzaga<sup>1</sup>; Denise Rossini-Penteado<sup>2</sup>; Ricardo Vedovello<sup>3</sup>; Omar Yazbek Bitar<sup>4</sup>; Luciana Martin Rodrigues Ferreira<sup>5</sup>; Wilson Shoji Iyomasa<sup>6</sup>

**Resumo** – Este trabalho apresenta a elaboração de um *dashboard* como interface gráfica para acompanhamento da situação de segurança das barragens presentes no estado de São Paulo e submetidas à Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Esse produto constitui uma interface gráfica construída com base no ferramental de uma plataforma de pesquisas e serviços geológicos voltadas para a gestão de riscos e desastres disponibilizada pelo Instituto de Pesquisas Ambientais do estado de São Paulo. Tal plataforma é composta por estruturas de banco de dados, interfaces multiníveis para gestão de dados e informações, ferramentas analíticas, produtos derivados e aplicativos associados ao “Sistema Geoespacial ArcGIS Enterprise/ESRI”. O *dashboard* constitui um primeiro produto para a montagem de um painel de controle relacionado à gestão de segurança de barragens, o qual irá subsidiar os trabalhos e atividades do Comitê de Acompanhamento das Ações relacionadas à Segurança de Barragens do Estado de São Paulo (CASB), tendo sido elaborado a partir da compilação da base de dados das barragens paulistas enquadradas na PNSB. Essa base de dados foi reorganizada e associada a outras informações de interesse do CASB. A interface apresenta a distribuição geográfica dos diferentes tipos de barragens abrangidas pela PNSB, e permite consultas diferenciadas a partir de mecanismos de filtragens de dados e de interação com gráficos, contadores e outros elementos gráficos que compõem o *dashboard*. A interface gráfica inicialmente está sendo utilizada por dirigentes, gestores e técnicos estaduais envolvidos com o assunto.

**Abstract** - This paper presents the elaboration of a dashboard for the monitoring of the safety situation of dams present in the State of São Paulo and submitted to the National Dam Safety Policy (PNSB). This product is a graphical interface built on the tools of a geological survey and services platform focused on risk and disaster management made available by the Environmental Research Institute of the State of São Paulo. This platform is composed of database structures, multilevel interfaces for data and information management, analytical tools, derivative products, and applications associated with the "ArcGIS Enterprise/ESRI Geospatial System". The dashboard is a first product for the assembly of a control panel related to dam safety management, which will subsidize the work and activities of the Monitoring Committee for Actions related to Dam Safety in the State of São Paulo (CASB), having been prepared from the compilation of the database of São Paulo dams included in the PNSB. This database was reorganized and associated with other information of interest. The interface presents the geographical distribution of the different types of dams covered by the PNSB, and allows differentiated queries based on data filtering mechanisms and interaction with graphs, counters and other graphic elements that make up the dashboard. The interface allows interaction with state leaders, managers and technicians, via the future portal.

**Palavras-Chave** - segurança de barragens, PNSB, geotecnologias, políticas públicas, CASB

---

<sup>1</sup> Especialista em Segurança de Barragens, Tel: (11) 94166-8515; email: [alessandrag@sp.gov.br](mailto:alessandrag@sp.gov.br)  
<sup>2</sup> Geog. Pesq. Científica VI, MSc, Instituto de Pesquisas Ambientais - Tel, (11) 97533-2834, email: [dpenteado@sp.gov.br](mailto:dpenteado@sp.gov.br)  
<sup>3</sup> Geol. Pesq. Científico VI, Dr., Instituto de Pesquisas Ambientais - Tel: (11) 99996-3932; email: [rvedovello@sp.gov.br](mailto:rvedovello@sp.gov.br)  
<sup>4</sup> Geól., Dr. - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - Tel, (11) 3767.4489 - email: [omar@ipt.br](mailto:omar@ipt.br)  
<sup>5</sup> Geog. Pesq. Científica VI, MSc, Instituto de Pesquisas Ambientais – Tel.: (11) 5077-1155, email: [lmrferreira@sp.gov.br](mailto:lmrferreira@sp.gov.br)  
<sup>6</sup> Geól. Dr. - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – Tel: (11) 9 9688 7842 - email: [ws@ipt.br](mailto:ws@ipt.br)

## 1. INTRODUÇÃO

A operação de barragens para diferentes finalidades deve ser desenvolvida de forma segura e sustentável, reduzindo-se os riscos de acidentes e desastres decorrentes de eventuais rupturas (parciais ou total), por problemas nas estruturas, galgamento, erosão interna, liquefação de rejeitos, entre outras causas primárias e secundárias.

Ao longo do tempo, grandes desastres com barragens têm sido registrados em todo o mundo, inclusive no Brasil. No âmbito internacional um dos casos mais clássicos e marcantes de desastre associado a barragens foi o acidente na represa de Vajont, na Itália, em 1963, onde um deslizamento de encosta na margem esquerda da represa gerou o deslocamento da massa d'água com efeitos sobre a margem direita, galgamento da barragem de concreto e enorme fluxo a jusante pelo rio Piave, atingindo e destruindo várias localidades, causando em torno de 2.000 mortes, conforme inúmeras publicações e notícias que abordaram o caso. Aspectos geológico-geotécnicos relacionados a este evento podem ser vistos em GENEVOIS & GHIROTTI (2005).

No Brasil, os casos mais recentes e marcantes se referem aos rompimentos das barragens de mineração ocorridos no estado de Minas Gerais, nos municípios de Mariana (barragem de rejeitos no Córrego do Fundão), em 2015 e em Brumadinho (barragem de rejeitos do Córrego do Feijão), em 2019. Esses dois eventos acarretaram a perda de centenas de vidas humanas e significativos danos socioambientais e econômicos ao longo dos cursos hídricos a jusante.

Com o intuito de regulamentar o assunto no país, foi instituída, ainda anteriormente aos casos de Mariana e de Brumadinho, a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), com o objetivo de promover a adoção de medidas para a prevenção de acidentes e desastres, por meio de atividades de regulamentação, monitoramento, fiscalização, controle, comunicação, preparação e resposta a emergências, entre outras. Essa política foi definida pela Lei Federal 12.334/2010 (BRASIL, 2010), com importantes alterações pela Lei Federal 14.066/2020 (BRASIL, 2020), sendo regulamentada por diversos decretos, normas, resoluções e outros dispositivos, determinados pelos entes federativos e pelas agências reguladoras e de fiscalização.

No estado de São Paulo (SP), a partir dos desastres ocorridos em Mariana e Brumadinho, o Governo estadual demandou de suas instituições técnicas e fiscalizadoras a produção de relatórios sobre a situação de segurança das barragens no território paulista, os quais indicaram diversas recomendações voltadas para o aprimoramento da legislação estadual pertinente, bem como das técnicas, procedimentos, preparação para emergências e demais aspectos relativos à implementação da PNSB, de maneira a contribuir para a segurança das operações de barragens, proteção da população e do meio ambiente.

O primeiro relatório (SÃO PAULO, 2016) tratou especificamente das barragens de mineração e de transformação mineral, enquanto o segundo (SÃO PAULO, 2019) contemplou os diversos tipos de barragens definidos pela lei: barragens de rejeitos de mineração; barragens para disposição de resíduos industriais; e barragens para acumulação de água, visando a geração hidrelétrica e usos múltiplos.

Os relatórios, além de incluir a relação, a localização e a caracterização do enquadramento das barragens submetidas à PNSB em SP, indicaram, entre suas recomendações, a de instituir um grupo permanente para acompanhar a aplicação da Lei no território estadual, organizar bases de dados, avaliar a evolução da legislação, contribuir para a inovação, interagir com empreendedores, apoiar órgãos fiscalizadores e de defesa civil na prevenção de desastres e resposta a emergências, estimulando atividades de capacitação, educação e comunicação, subsidiando dirigentes e tomadores de decisão. Tal recomendação foi concretizada no início de 2020 com a criação do Comitê de Acompanhamento das Ações relacionadas à Segurança de Barragens do Estado de São Paulo - CASB (SÃO PAULO, 2020).

Para subsidiar os trabalhos, que vêm sendo realizados pelo CASB desde sua criação, estabeleceu-se como uma de suas metas a estruturação de um ambiente geotecnológico de apoio ao acompanhamento da situação de segurança de barragens em SP (Portal CASB), com ênfase naquelas enquadradas na PNSB. Tal ambiente vem sendo estruturado a partir de um plano ainda

em fase de detalhamento, incluindo: a) política de gestão das bases de dados e do ambiente geotecnológico; b) política de comunicação e divulgação de informações; c) desenvolvimento de aplicativos e ferramentas geotecnológicas para gestão de dados e informações; d) estruturação de painel de controle interativo para interrelacionar produtos, interfaces gráficas, ferramentas e aplicativos analíticos, entre outras funcionalidades.

O primeiro produto desenvolvido experimentalmente para compor esse ambiente foi a criação de uma interface gráfica, em formato de *dashboard* interativo, a qual permite a organização, acompanhamento, consulta e acesso a base de dados das barragens em SP. Tal produto permite o detalhamento do plano de implementação do Portal, bem como agiliza o acesso organizado às informações já consolidadas, para os técnicos e para os respectivos dirigentes das instituições que compõem o CASB.

Neste trabalho são apresentadas as estratégias, os procedimentos gerais e as ferramentas adotadas para a elaboração do *dashboard*, bem como o produto obtido com destaque para as possibilidades de interação com a interface gráfica e acesso às informações do banco de dados. Além disso, são indicadas as ações futuras de ampliação das interfaces por meio da criação de novos *dashboards* e associação de ferramentas analíticas em um painel de controle mais amplo, para subsidiar os trabalhos do CASB e sistematizar a disponibilização de informações para dirigentes, gestores, empreendedores e público interessado.

## 2. PLANEJAMENTO DE AÇÕES PARA ESTRUTURAÇÃO DO PORTAL DO CASB.

O CASB vem estruturando um plano para balizar a construção de um ambiente geotecnológico de apoio à gestão de segurança de barragens no estado de São Paulo, no formato de Portal. Para tanto, estão sendo definidas estratégias e diretrizes que permitam definir e estruturar as políticas de gestão e acesso às bases de dados e informações, comunicação e disponibilização de dados e informações, bem como a estruturação de infraestrutura geotecnológica e interfaces gráficas apropriadas para o gerenciamento, uso e acesso a diferentes aspectos relacionadas à PNSB e à segurança de barragens de forma ampla.

Inicialmente, foram definidos quatro eixos principais para a composição do plano do Portal, os quais ainda estão sendo discutidos e detalhados, podendo ser ampliados ou reorganizados. De forma simplificada, os eixos considerados podem ser definidos da seguinte forma:

- a) Política de Segurança do Portal: contempla as diretrizes e os mecanismos que garantam tanto a integridade das bases de dados e informações em ambientes especializados de gestão de banco de dados, como a definição de formatos de disponibilização das informações e das ferramentas de interação para diferentes tipos de usuários, por meio da definição de arquitetura de sistemas e de ambientes de acesso, e controle por tipo de usuário;
- b) Política de Comunicação: refere-se à definição do conteúdo geral do Portal, bem como dos formatos e da estrutura de disponibilização e de interação com as informações a serem disponibilizadas. Poderá incluir *sites*, mapas, bibliotecas de dados e informações, acesso a painel de controle de aplicações, metadados etc., bem como acessos para ambientes restritos de gestão das bases de dados e de criação de conteúdos, mediante login e senha para usuários autorizados a interagir nesses níveis;
- c) Definição e Estruturação de Infraestrutura Geotecnológica: objetiva identificar os recursos e a infraestrutura tecnológica adequada para a plena implementação das políticas de segurança e de comunicação do Portal, bem como definir os ambientes e geotecnologias que permitam armazenar, organizar, gerenciar, analisar, processar e comunicar os dados e informações de interesse para o acompanhamento da PNSB em SP; e
- d) Painel de Controle, Ferramentas Analíticas e de Gerenciamento, e Interfaces Gráficas: inclui a definição e formulação de produtos e de ambientes geotecnológicos apropriados e customizados para consulta, monitoramento e análise dos dados e informações relacionados às barragens abrangidas pela PNSB, bem como voltados para a avaliação de ambientes fisiográficos, espaços ocupados ou construídos e recortes administrativos

que sejam de interesse para a avaliação das barragens quanto a perigos e vulnerabilidades nas localidades em que estão instaladas e nas áreas a jusante e de entorno.

Com o intuito de balizar o detalhamento desse plano, foi elaborado um primeiro produto que permitisse explorar os elementos a serem definidos em cada um dos quatro eixos. Assim, técnicos das equipes da Diretoria de Mineração (DM), Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), com acompanhamento dos técnicos das demais instituições que integram o CASB, propuseram a construção de um *dashboard* reunindo os dados e informações das barragens abrangidas pela PNSB em SP.

### **3. ELABORAÇÃO D *DASHBOARD* PARA ACOMPANHAMENTO DA APLICAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS NO ESTADO DE SÃO PAULO**

A construção do *dashboard* para acompanhamento da PNSB no estado de São Paulo, visou a elaboração de uma interface gráfica que oferecesse aos integrantes do CASB e aos dirigentes de suas instituições, um acesso customizado e interativo às principais informações relacionadas ao enquadramento e à classificação das barragens nos termos da PNSB. Para tanto, o primeiro passo consistiu em definir uma estrutura geotecnológica robusta que permitisse reestruturar a base de dados compilada das barragens inseridas no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), que anualmente tem sido analisada e incorporada aos Boletins Informativos produzidos anualmente pelo CASB. Após uma série de prospecções, resolveu-se utilizar a infraestrutura oferecida pela Plataforma de Pesquisas e Serviços Geológicos aplicada a Gestão de Riscos e Desastres (PL-GRD) do IPA, a qual atendia às diretrizes e expectativas de avaliação dos quatro eixos indicados para a construção do Portal CASB, disponibilizando, ainda, ferramental geotecnológico já previamente estruturado e customizado para tratar de prevenção, gerenciamento e mitigação de riscos, de forma correlata a adoção desses aspectos na PNSB.

O detalhamento da infraestrutura geotecnológica utilizada e os procedimentos básicos para a elaboração do *dashboard* são apresentados nos subitens a seguir.

#### **3.1. A Infraestrutura Geotecnológica**

Conforme mencionado, o *dashboard* piloto foi elaborado a partir da estrutura geotecnológica oferecida pela PL-GRD. Desenvolvida originalmente por equipe do então Instituto Geológico (IG), atualmente reorganizado no Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA, vinculado à Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística - SEMIL) do estado de São Paulo, essa plataforma caracteriza-se como um complexo (físico e tecnológico) de desenvolvimento de estudos, pesquisas e inovações voltados para subsidiar políticas e atividades de prevenção, gerenciamento e mitigação de riscos de desastres, incluindo apoio a operações cotidianas e emergências de campo (VEDOVELLO *et al.*, 2022).

Construída com base no ferramental oferecido pelo Sistema Geoespacial ArcGIS Enterprise da empresa ESRI, a PL-GRD reúne ferramentas, produtos e aplicativos modelados em diferentes níveis de interação que incluem: o banco de dados geoespacial Enterprise Geodatabase, o sistema ArcGIS Pro, para interação com os ambientes de gerenciamento e produção; um ambiente para publicação de conteúdo (ArcGIS Server); um ambiente para navegação entre os componentes do ArcGIS Enterprise e para customização e controle de acesso (o ArcGIS Portal); e aplicativos voltados para carga, análise, edição, e comunicação de dados e informações como o Survey 123 (aplicativo para a construção de formulários e para coleta e carga de dados), o WebGIS, (sistema de informações geográficas tradicional), e criador de *dashboards* (ferramenta voltada para produção e edição de interfaces gráficas interativas).

Entre os produtos técnicos já estruturados na PL-GRD, destacam-se: a existência de um banco de dados de eventos e desastres; uma base de informações com relatórios de vistorias técnicas; mapeamentos de perigos, vulnerabilidades e riscos em escalas regionais e locais, e com abrangência geográfica variada com cobertura completa do estado, ou de regiões ou municípios

específicos; interligação com sistemas de alerta para rodovias, e sobre inundações e erosão costeira, entre outras bases de dados e produtos em desenvolvimento pela equipe do IPA.

Ressalta-se que, além do ferramental da PL-GRD, parte dos produtos mencionados estão sendo utilizados, para realizar testes de conteúdo a serem integrados em um painel de controle de aplicações do CASB, o qual deverá incluir tanto o atual *dashboard* como outras interfaces gráficas e ferramentas analíticas e de gestão do conteúdo e das funcionalidades. Observa-se que, além do conteúdo já presente na PL-GRD, também estão sendo explorados produtos desenvolvidos pelo IPT e Serviço Geológico do Brasil (SGB), como as cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa (deslizamento, rastejo e corrida de massa/fluxo de detritos) e inundações (incluindo alagamentos e enxurradas), referentes a municípios em SP, o que também é suportado a partir das ferramentas de comunicação externa da PL-GRD.

A possibilidade de comunicação com ambientes e produtos externos, mesmo em formatos e em ambientes com requisitos diversos, é um dos aspectos que torna a PL-GRD um ambiente colaborativo que permite a saída de produtos de caráter interinstitucional, sem necessidade de vinculação dos produtos com as bases próprias do IPA. Dessa forma, tanto o *dashboard* ora discutido como o futuro painel de controle de múltiplas interfaces e ferramentas analíticas que se pretende construir para o Portal do CASB, bem como o próprio Portal, caso seja estruturado na infraestrutura da PL-GRD, poderão ter saída específica, sem constituir base de dados própria da instituição proprietária da Plataforma.

### 3.2. Procedimentos e Modelagem

O processo de criação do *dashboard* para acompanhamento das ações relacionadas a PNSB em SP, envolveu vários procedimentos, que podem ser agrupados em três etapas principais: a) estruturação da base de dados; b) criação do mapa base (*WebMap*), que representa a base de todo o painel interativo, e c) criação e configuração do conteúdo e dos mecanismos de interação do *dashboard*. Essas etapas, e respectivos procedimentos, são apresentados a seguir.

- a. Estruturação da base de dados: é uma das principais etapas do processo, para garantir que a composição da base de dados temática tenha as variáveis indispensáveis para o acompanhamento das barragens submetidas à PNSB. Para isso, inicialmente os dados necessários foram compilados a partir do SNISB/ANA e organizados em uma tabela Excel a qual serviu de base para a geração de um arquivo vetorial de pontos, no formato *shapefile*, contendo os elementos gráficos e tabela de atributos associada. Este arquivo vetorial posteriormente foi incorporado à base de dados do Enterprise Geodatabase (ArcGIS Enterprise). Com base na tabela de atributos, foram selecionadas as variáveis que deveriam compor os indicadores e gráficos do painel gerencial.
- b. Criação do Mapa Base (*WebMap*): Embora também seja projetado para análises não espaciais, a interação com dados em um *dashboard* normalmente está aliada a exibição de um mapa ou a um contexto espacial. Sendo assim, o primeiro passo para a criação do *dashboard* é a concepção e desenvolvimento de um mapa base (*WebMap*). Este arquivo digital abriga todas as camadas de dados que serão utilizadas no painel, tanto aquelas destinadas à visualização direta no mapa quanto as que serão utilizadas nos diversos elementos configuráveis do sistema (*widgets*), sendo, portanto, a base do painel interativo. A criação do mapa base é realizada diretamente na interface inicial do Portal ArcGIS. Nesta etapa, foi então adicionada a camada vetorial e tabela de atributos associada contendo os dados das barragens relevantes a serem utilizados pela aplicação. Após a adição da camada, foram configurados diversos aspectos visuais e interativos pertinentes. Isso incluiu a definição de simbologia (cores, formas, tamanhos), aplicação de filtros para exibir subconjuntos específicos de dados, o controle da visibilidade da camada em diferentes escalas, a configuração de *pop-ups* informativos que surgem ao clicar nos elementos gráficos do mapa, entre outras. Uma vez configurado, o mapa base é salvo dentro do Portal ArcGIS.
- c. Criação e Configuração do *Dashboard*: A elaboração do *dashboard* propriamente foi iniciada acessando a aplicação *Operations Dashboards for ArcGIS*, do ArcGIS Enterprise,

a qual possibilita criar e configurar o painel interativo a partir de ferramentas e funções intuitivas pré-programadas que permitem relativa independência aos usuários e gestores da plataforma. A interface de customização da plataforma ArcGIS apresenta diversos *widgets* ou elementos configuráveis, sendo que para a elaboração do *dashboard* foram utilizados os seguintes elementos: Cabeçalho, Mapa, Legenda do Mapa, Gráfico de Série, Gráfico de Pizza, Indicador e Lista. Destaca-se que os *widgets* de lista e gráficos foram utilizados para implementar funcionalidades de filtragem nos dados, permitindo que as informações apresentadas sejam refinadas, afetando tanto a visualização do mapa quanto os dados exibidos nos indicadores e gráficos.

Além da produção da interface gráfica, observa-se que o ArcGIS Enterprise permite definir uma URL para disponibilização do *dashboard*, a partir do ArcGIS Server, o qual possibilita a publicação de informações geográficas por meio de serviços da web. Além disso, o acesso ao produto final e às ferramentas para sua edição ou atualização podem ser feitos a partir do Portal for ArcGIS, que funciona como um de centro de compartilhamento e distribuição de produtos (geosserviços) publicados no Server. O portal permite, ainda, localizar mapas, galerias e ferramentas, incluindo a de controle de acesso para administradores do *dashboard*, ou de usuários específicos, como forma de garantir a segurança da base de dados e mesmo da infraestrutura oferecida pela PL-GRD.

Ressalta-se que os procedimentos sintetizados neste item permitem explorar diversos aspectos abrangidos pelos eixos adotados no plano de implementação do portal CASB, além da produção específica do *dashboard* construído. No item a seguir apresenta-se o resultado obtido.

#### 4. RESULTADOS

O *Dashboard* para acompanhamento da PNSB em SP, obtido a partir dos procedimentos destacados no item anterior, constitui uma interface gráfica projetada para exibir múltiplas visualizações de dados de forma simultânea em uma única tela, proporcionando uma visão abrangente e integrada das informações que o compõem.

Atualmente acessado a partir do ambiente do Portal (ArcGIS) presente na estrutura geotecnológica da PL-GRD, o *dashboard* desenvolvido pode ser observado na Figura 1.

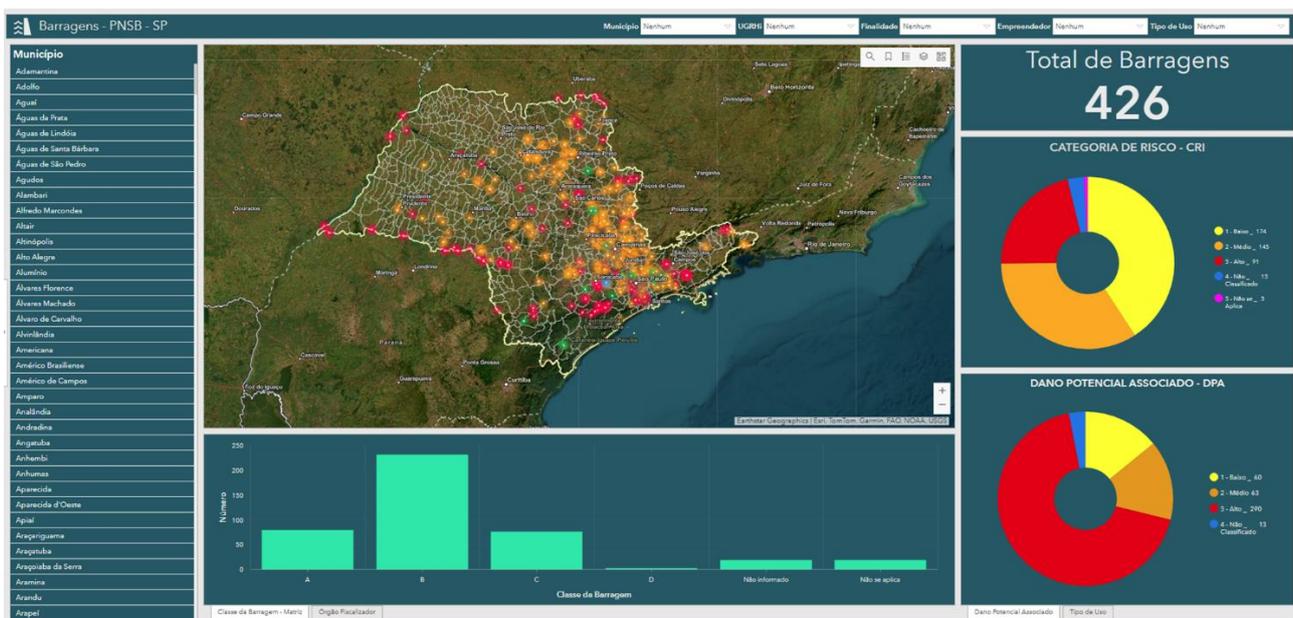


Figura 1. Vista geral do *Dashboard* para acompanhamento da PNSB no estado de São Paulo.

De forma específica, observa-se que a interface gráfica é composta por um mapa base georreferenciado posicionado na parte central da tela do *dashboard*, onde estão localizadas todas

as barragens no estado submetidas à PNSB. Nesse mapa, de caráter interativo, as barragens estão identificadas e diferenciadas por uma legenda que indica os quatro tipos de barragens definidas na Lei, sendo possível a utilização de recursos de zoom, alteração da base cartográfica e acesso às informações de cada barragem. A Figura 2 apresenta um exemplo de aplicação de zoom e a possibilidade de consulta sobre as informações de uma determinada barragem.

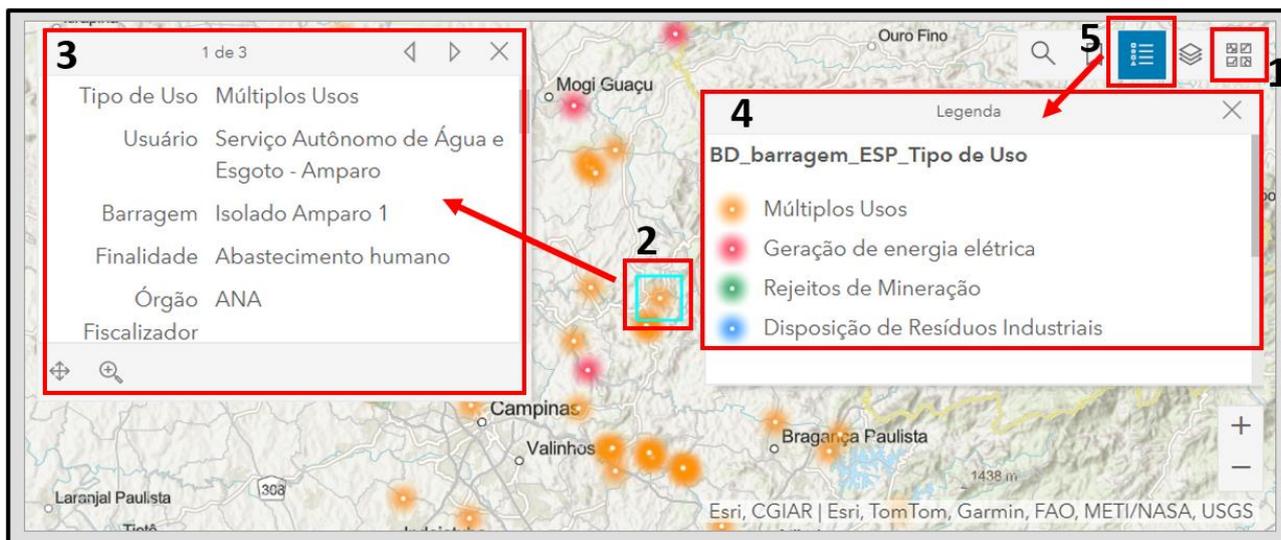


Figura 2. Detalhe do mapa de localização das barragens com efeito de zoom e alteração de mapa base. (1) botão de seleção; (2) exemplo de consulta; (3) janela de *pop-up* com informações da barragem selecionada; (4) legenda geral do mapa; (5) menu da legenda.

Além do mapa base interativo, o *dashboard* possui Gráficos de Série e de Pizza utilizados para representação visual de indicadores e atributos quantitativos. Foram inseridos 3 gráficos de pizza para os respectivos indicadores: Categoria de Risco (CRI); Dano Potencial Associado (DPA); e Tipo de Uso, além de dois gráficos de série destacando o número de barragens por tipologia de Classe, conforme apresentados na Figura 3. Os elementos configuráveis do tipo indicador expressam o somatório absoluto do número de ocorrências por categoria. No caso do atual *dashboard*, foi inserido UM indicador referente ao número total de barragens, conforme destacado na Figura 3.

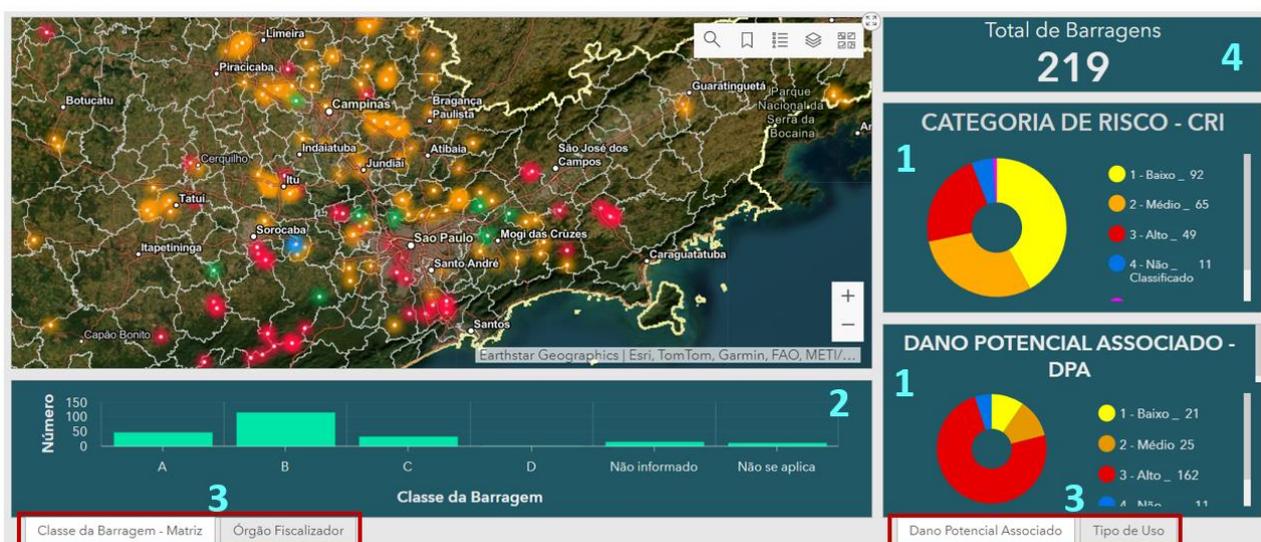


Figura 3. Elementos configuráveis do *dashboard*: (1) gráficos de pizza; (2) gráficos de série em formato de barras; (3) botões de seleção de abas para alternar os gráficos no mesmo espaço do *dashboard*; (4) indicador com a contagem do número total de barragens, que pode variar a partir de consultas.

Além dos elementos já citados, o *dashboard* possui ferramentas de filtragem por municípios e por Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHi), as quais foram estruturadas a partir de listas em formato tabular, o que possibilita a seleção e exibição de valores ou elementos gráficos, inclusive numéricos, resultantes da seleção de um ou de um conjunto de itens selecionados das listas. A utilização das ferramentas de filtragem acarreta, inclusive, a recontagem dos valores referentes a cada indicador do *dashboard*. De forma similar à filtragem por lista, é possível realizar a filtragem a partir da seleção de classes diretamente nos gráficos.

Complementarmente, o *dashboard* apresenta um cabeçalho para incluir títulos e informações gerais, como por exemplo *link* de acesso para o atual *site* do CASB, além de abas laterais nas quais podem ser exibidas informações sobre o conteúdo do *dashboard* e sobre recomendações para uso adequado das informações disponibilizadas. A Figura 4 ilustra alguns dos tipos de consulta possíveis.

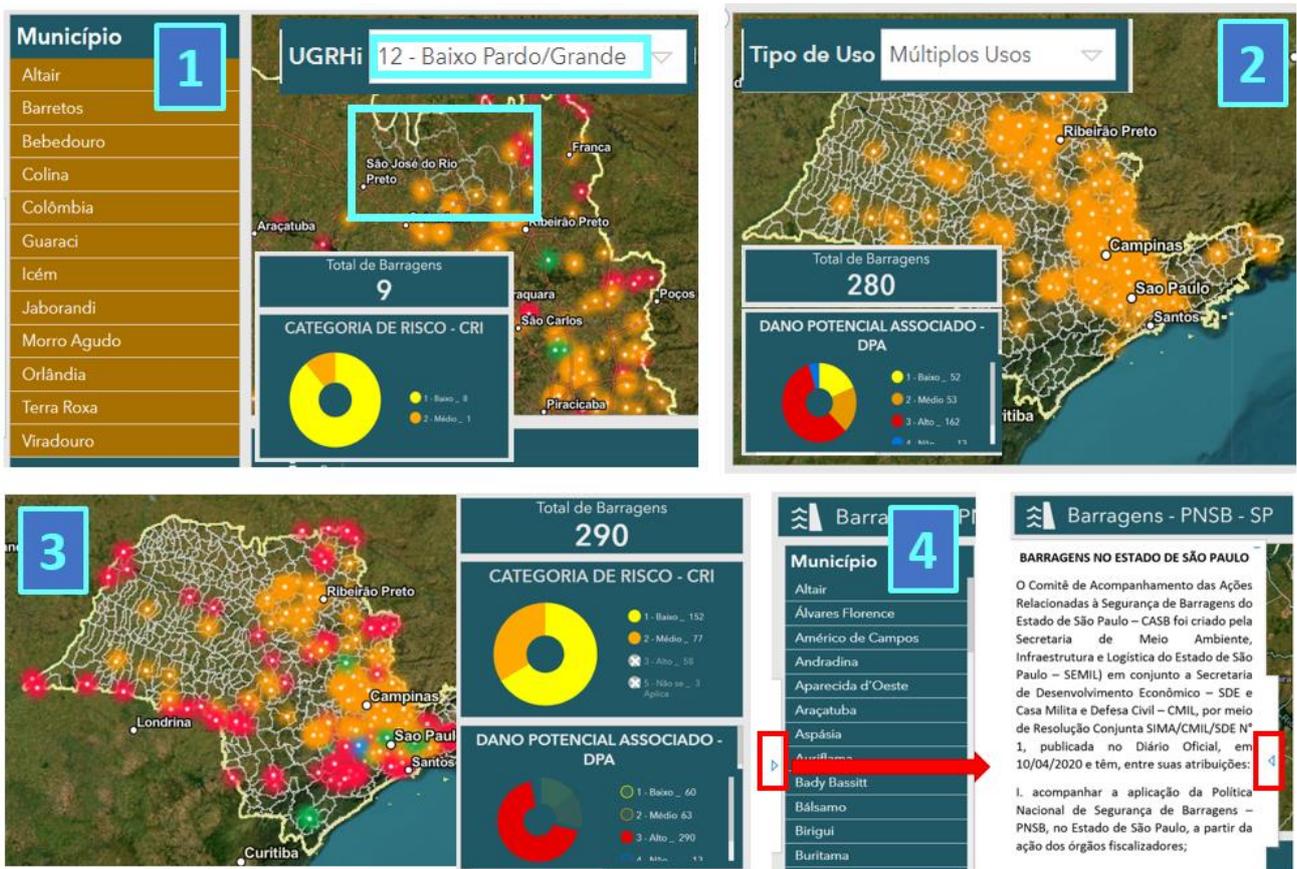


Figura 4. Exemplos de possíveis consultas com recontagem automática do indicador do número de barragens. (1) consulta por UGRH e por município; (2) consulta por tipo de uso da barragem; (3) consulta a partir da seleção combinada dos tipos de indicadores (no caso categorias de risco baixo e médio e dano potencial associado alto); (4) aba expansível para acesso a informações sobre o conteúdo ou com informações de navegação no *dashboard*.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso inicial do *dashboard* indica que o produto se mostra apropriado para o acompanhamento da implementação da PNSB em SP. Seu conteúdo atual e as informações disponibilizadas já permitem otimizar os trabalhos do CASB e mesmo facilitar a consulta e a comunicação com os gestores e dirigentes de SP que possuem interface com o tema de segurança de barragens.

A utilização da estrutura oferecida pela PL-GRD proporciona a incorporação de diversos elementos e diretrizes estabelecidas para a elaboração do Portal CASB, não apenas para a elaboração de novas interfaces do tipo *dashboard*, mas também para a customização de ferramentas analíticas do tipo *webgis* ou mesmo para a customização de aplicativos de carga e edição de dados. Todos estes recursos permitirão a elaboração de um painel de controle ampliado para subsidiar novos insumos a ser incorporado na avaliação da segurança de barragens, incluindo outras bases de dados, inclusive externas e de outros proprietários, o que tende a facilitar análises específicas associadas às potencialidades e limitações dos terrenos e à dinâmica de uso e ocupação do solo.

O arcabouço tecnológico da plataforma permite atender diretrizes de segurança e de comunicação de dados que constituem fatores importantes a serem viabilizados na construção do Portal. A ferramenta oferece recursos que permitem a estruturação de ambientes de *site* que favoreçam a ampliação das informações disponibilizadas pelo CASB de forma intuitiva e sem necessidade de que os múltiplos usuários necessitem transitar por setores da plataforma ou do portal, que exijam maior conhecimento dos caminhos de acesso ou dos comandos técnicos do ambiente geotecnológico e das informações.

Dessa forma, considera-se que o *dashboard* constitui um importante produto já apto a ser usado por diferentes atores com interface na segurança de barragens e que demonstrou a relevância do uso desse tipo de interface para o acompanhamento da PNSB. A partir dessa experiência, a equipe desenvolvedora, em conjunto com os integrantes do CASB, já vislumbram ampliar as funcionalidades, incluindo temas como: planos de ação de emergência (PAE) e áreas de potencial atingimento a jusante, no âmbito e além das manchas de inundação; situações de perigos, vulnerabilidades e riscos a jusante e nos entornos das barragens; avaliação de suscetibilidades a processos geológicos e/ou hidrológicos; avaliação de margens de reservatórios; avaliação de “efeito cascata” em bacias hidrográficas com barragens sucessivas, entre outros aspectos.

Quanto as funcionalidades da interface gráfica, pretende-se implementar novos avanços, incluindo a incorporação de ferramentas de análise preditiva para suporte à tomada de decisão; o desenvolvimento de módulos específicos para diferentes categorias de barragens; além da ampliação dos mecanismos de filtragem e visualização para atender demandas específicas dos usuários e melhorias na interface para aumentar a usabilidade e acessibilidade.

Essas evoluções visam consolidar o *dashboard* como uma ferramenta cada vez mais robusta e eficiente, contribuindo para a melhoria contínua da gestão da segurança de barragens no estado de São Paulo e para a proteção da população e do meio ambiente.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores expressam seus agradecimentos a todos os membros e instituições participantes do CASB (Diretoria de Mineração - DMin/SEMIL; Coordenadoria de Recursos Hídricos - CRHI/SEMIL; Instituto de Pesquisas Ambientais - IPA/SEMIL; Agência de Águas do Estado de São Paulo - SP-Águas/SEMIL; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB; Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil - CEPDEC/SP; Empresa Metropolitana de Águas e Energia - EMAE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT), incluindo todos os seus membros e coordenadores (José Carlos Garcia Ferreira, Pedro Gabriel Padilha Gandara Mendes, Lília Mascarenhas Sant’Agostino) atuais e anteriores, pelas sugestões, apoio e incentivo para a elaboração do *dashboard* piloto, visando subsidiar suas ações.

## **REFERÊNCIAS**

BRASIL. (2010). Lei 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de

Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4o da Lei 9.984, de 17 de julho de 2000. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 21 set. 2020. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2010/lei/112334.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/112334.htm). Acesso em: 04 abr. 2025.

BRASIL. (2020). *Lei 14.066, de 30 de setembro de 2020. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração)*. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 01 out. 2020. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2019-2022/2020/lei/114066.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2020/lei/114066.htm). Acesso em: 04 abr. 2025.

GENEVOIS, R. & GHIROTTI, M. (2005). *The 1963 Vaiont Landslide*, *Giornale di Geologia Applicata* 1 (2005) 41 –52, DOI: 10.1474/GGA.2005-01.0-05.0005. Disponível em: <https://damfailures.org/wp-content/uploads/2019/02/Genevois2005.pdf>. Acesso em 15 abr. 2025.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente - SIMA. Casa Militar do Gabinete do Governador - CMil. Secretaria de Desenvolvimento Econômico – SDE. *Resolução Conjunta SIMA/CMIL/SDE nº 01, de 09 de abril de 2020. Institui Comitê de Acompanhamento das ações relacionadas à segurança de barragens do Estado de São Paulo, inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB.*, Diário Oficial [do] Estado de São Paulo. São Paulo, SP, 10 abr. 2020. Disponível em: [https://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao\\_urbanismo\\_e\\_meio\\_ambiente/legislacao/leg\\_estadual/leg\\_est\\_resolucoes/Resol-conjunta-SIMA-CMIL-SDE-001-2020\\_Comite\\_Seguranca\\_Barragens\\_\(Revoga\\_Resol-01-2019\).pdf](https://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/legislacao/leg_estadual/leg_est_resolucoes/Resol-conjunta-SIMA-CMIL-SDE-001-2020_Comite_Seguranca_Barragens_(Revoga_Resol-01-2019).pdf). Acesso em: 04 abr. 2025.

SÃO PAULO (Estado). SEM - Secretaria de Energia e Mineração. SMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente. SSRH - Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. CMIL - Casa Militar do Gabinete do Governador. (2016). *Barragens de Mineração no Estado de São Paulo: diagnóstico e recomendações*. Relatório do Grupo de Trabalho instituído pela Resolução Conjunta SEEM/SMA/SSRH/CMIL - 1, de 27 de novembro de 2015. São Paulo: Secretaria de Energia e Mineração/ Subsecretaria de Mineração, 2016. 63p. e anexos. Disponível em: <http://energia.azurewebsites.net/wp-content/uploads/2016/06/relatorio-de-barragens.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2025.

SÃO PAULO (Estado). SIMA - Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente e CMil.- Casa Militar do Gabinete do Governador. (2019). *Barragens no Estado de São Paulo*. Relatório do Grupo de Trabalho Instituído pelas Resoluções Conjuntas SIMA-CMIL 1 de 29/01/2019 SIMA-CMIL 2 de 21/02/2019 SIMA-CMIL 3 de 08/03/2019. São Paulo (Estado). Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente e Casa Militar do Gabinete do Governador; Gláucio Attorre Penna e Sonia Aparecida Abissi Nogueira (Coordenadores). São Paulo: SIMA, 2019. 396p.: il. Color.; 30 cm. ISBN: 978-85-93411-01-4. Disponível em: <http://arquivo.ambiente.sp.gov.br/publicacoes/2019/07/barragens-noestadodespaulo2019.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2025.

VEDOVELLO, R.; RUSCHEL, C.; GUEDES, A.C.M.; SILVA, S.; ROSSINI-PENTEADO, D.; ROCHA, G.A.; FERREIRA, C.J. 2022. *Arquitetura e modelagem de plataforma e ambiente tecnológico para gerenciamento, integração e aplicação de dados e informações relacionados à gestão de riscos e desastres*. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 17, Belo Horizonte. 2022. Anais ..., ABGE, 10 p. Disponível em: [https://schenautomacao.com.br/cbge2022/envio/files/trabalho1\\_172.pdf](https://schenautomacao.com.br/cbge2022/envio/files/trabalho1_172.pdf). Acesso em: 15 abr. 2025.