

## **XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**

### **HIDROMAPAS – SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DOS MANANCIAIS DA RMSP**

*Giovana Bevilacqua Frota<sup>1</sup>; Carla Voltarelli Franco da Silva<sup>2</sup>; João Félix de Luca Lino<sup>3</sup>; Mara Regina Samensatto Ramos<sup>4</sup>; Joaquin Ignacio Bonnacarrère Garcia<sup>5</sup>; Cristiano de Pádua Milagres de Oliveira<sup>6</sup>; Pedro Ludovico Bozzini<sup>7</sup>; Rafael Miranda<sup>8</sup>; Carlos Toshio Wada<sup>9</sup>; Guilherme Todt Cardoso de Faro<sup>10</sup>; Nilzo Renê Fumes<sup>11</sup>.*

**RESUMO** – Este trabalho tem por objetivo apresentar a página HidroMapas, uma ferramenta de visualização em tempo real de informações geográficas e hidrológicas, que se tornou fundamental para o monitoramento e a gestão eficientes dos mananciais que compõem o sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo. Tal ferramenta é parte integrante do SSD – Sistema de Suporte à Decisão – da Sabesp.

**ABSTRACT** – This work aims to present HidroMapas, a tool for real time visualization of geographic and hydrological information, which has become essential for the efficient monitoring and management of water resources responsible for the water supply system of the Metropolitan Region of São Paulo. This tool is a part of Sabesp's SSD - Decision Support System.

**Palavras-Chave** – Sistema de Informações Geográficas. Sistema de Suporte à Decisão. Gestão de Mananciais.

1) Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH, Av. Pedroso de Morais, 1619. [giovana@labsid.eng.br](mailto:giovana@labsid.eng.br), [giovanafrota@gmail.com](mailto:giovanafrota@gmail.com), (11) 3091-5549.

2) Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH, Av. Pedroso de Morais, 1619. [carla.voltarelli@fcth.br](mailto:carla.voltarelli@fcth.br), (11) 3091-5549.

3) Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, rua Costa Carvalho, 300, Pinheiros, São Paulo/SP. [jflino@sabesp.com.br](mailto:jflino@sabesp.com.br), [joaofelixdelucalino@gmail.com](mailto:joaofelixdelucalino@gmail.com), (11) 3388-9289.

4) Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, rua Costa Carvalho, 300, Pinheiros, São Paulo/SP. [mararamos@sabesp.com.br](mailto:mararamos@sabesp.com.br), (11) 3388-8817.

5) Universidade de São Paulo - USP, Av. Prof. Almeida Prado, 1280. [joaquinbonne@usp.br](mailto:joaquinbonne@usp.br), (11) 3091-5549.

6) Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH, Av. Pedroso de Morais, 1619. [cristiano@labsid.eng.br](mailto:cristiano@labsid.eng.br), (11) 3091-5549.

7) Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH, Av. Pedroso de Morais, 1619. [pedro.ludovico@fcth.br](mailto:pedro.ludovico@fcth.br), (11) 3091-5549.

8) Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, rua Costa Carvalho, 300, Pinheiros, São Paulo/SP. [rafmiranda@sabesp.com.br](mailto:rafmiranda@sabesp.com.br), (11) 3388-8147.

9) Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, rua Costa Carvalho, 300, Pinheiros, São Paulo/SP. [carlostw@sabesp.com.br](mailto:carlostw@sabesp.com.br), (11) 3388-8933.

10) Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH, Av. Pedroso de Morais, 1619. [guilherme.faro@fcth.br](mailto:guilherme.faro@fcth.br), (11) 3091-5549.

11) Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, rua Costa Carvalho, 300, Pinheiros, São Paulo/SP. [nfumes@sabesp.com.br](mailto:nfumes@sabesp.com.br), (11) 4485-1505.

## INTRODUÇÃO

O processo de gerenciamento de Recursos Hídricos tem como pilar estrutural a coleta de dados e a viabilidade do tratamento destes dados, o que permite sua análise e desta forma a obtenção das informações necessárias ao processo decisório. O acesso aos dados brutos por si só não é capaz de produzir informações que direcionem a tomada de decisão, pois essa deve ser baseada na análise e tratamentos dos dados de forma que produzam as informações necessárias, estes ambientes são chamados de Sistemas de Suporte a Decisão SSD. Os SSDs podem atender a diversos níveis de organização como o gerenciamento, planejamento e também operação. Os sistemas de apoio à decisão podem ser informatizados onde os dados neles inseridos podem ser tratados através de modelos de simulação e otimização, análises de índices e indicadores, definições de critérios de alertas entre outros. Os SSDs caracterizam-se por apresentar os dados e análises em interfaces de fácil acesso e interpretação.

Clarke (1995) define Sistema de Informações Geográficas (SIG) como um sistema uma ferramenta computadorizada utilizada para capturar, armazenar, processar, analisar e exibir dados e informações espaciais. Assim, SIG é um sistema composto por hardwares e softwares capaz de armazenar bancos de dados e modelos, manipular as informações e apresentá-las em uma interface gráfica de maneira clara e objetiva, de acordo com as necessidades e especificidades de cada usuário. SIGs são importantes instrumentos de gestão na medida em que possibilitam uma fácil e rápida análise de informações através de uma interface gráfica que representa espaços e dados conforme o interesse das partes envolvidas.

As informações sobre recursos hídricos e meio ambiente são inerentemente geográficas e exigem as melhores técnicas para sua caracterização e manejo. Assim, os conceitos de SIG têm sido amplamente utilizados para o planejamento e gestão de recursos hídricos, alterando a maneira com que essas atividades vêm sendo conduzidas ao longo dos anos (Jonhson, 2009). Em cenários globalizados que demandam uma capacidade de tomada de decisões de maneira rápida e eficaz, tais ferramentas se mostram fundamentais para o sucesso na gestão de grandes estruturas.

Ao longo do desenvolvimento da terceira versão do Sistema de Suporte a Decisão – SSD, da Sabesp, a equipe de Controle e Monitoramento de Mananciais (CCM) se deparou com a necessidade de poder observar em uma única tela informações de precipitação, nível e vazão, provenientes da rede telemétrica e do radar meteorológico do Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo (SAISP). Tal aglomerado de informações, que posteriormente deu origem à ferramenta HidroMapas, permitiu um

melhor acompanhamento da aproximação, ocorrência e intensidade dos eventos, dando maiores subsídios para a gestão dos mananciais que abastecem a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

## PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

O HidroMapas é o Sistema de Informações Geográficas para o Controle e Monitoramento de Mananciais da Sabesp e é parte integrante do SSD – Sistema de Suporte à Decisão. Tal ferramenta tem como função principal fornecer informações em tempo real em uma interface amigável e de fácil interação para auxiliar no monitoramento dos mananciais que compõem o sistema de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo.

O HidroMapas utiliza a biblioteca gratuita Mapbox GL JS, que possui código aberto e permite renderizar mapas altamente personalizáveis e responsivos em aplicações web. A capacidade de análise deste mapa interativo permite a sintetização de informações que contribuem para o suporte a decisões no gerenciamento dos mananciais da RMSP em várias escalas.

O Sistema fica disponível na sala de Controle dos Mananciais, em *videowall*, podendo ser consultado por técnicos, gestores, superintendentes, diretores e imprensa. Em função de fornecer uma visão espacial-temporal de fácil e rápida interpretação, o sistema contribui para uma maior celeridade na tomada de decisões. Na Figura 1 é apresentada uma foto da sala de monitoramento com o HidroMapas no videowall.

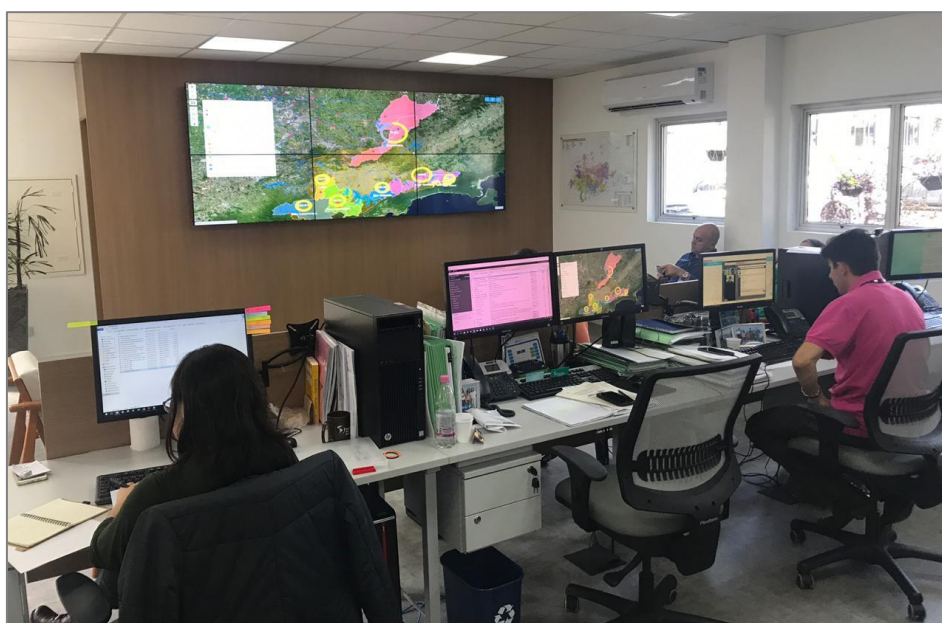


Figura 1: Videowall com HidroMapas na sala de monitoramento de mananciais.

## INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS

A página HidroMapas, como a maioria dos SIGs, tem seus dados organizados por camadas, cada uma contendo um plano de informações de mapas logicamente relacionadas por sua localização. Cada um desses mapas temáticos separados é chamado de camada e cada camada é precisamente sobreposta às outras, o que permite que as informações exibidas nas diferentes camadas possam ser comparadas e analisadas em conjunto.

Alguns dados espaciais são caracterizados por ter uma estrutura vetorial composta de feições representadas por pontos, linhas e polígonos, enquanto outros são tratados como imagens (rasters), com formatos simples de linha e coluna. Cada feição possui dados de atributo associados na forma de dados tabulares, incluindo dados de séries temporais, que permitem identificar e caracterizar tais feições (Johnson, 2009). As informações que compõem os HidroMapas consistem em dados de precipitação (pontual, a partir de pluviômetros, e espacial, a partir do radar meteorológico) e monitoramento de represas, rios (postos fluviométricos) e estruturas hidráulicas, localização de barragens e reservatórios, canais e adutoras, elevatórias, estações de tratamento, limites políticos, limites de manchas de inundação e bacias hidrográficas. Estas informações estão organizadas em diversas camadas que podem ser habilitadas, a depender dos interesses de cada usuário. A seguir são apresentadas algumas das camadas disponíveis e sua descrição simplificada.

- Mapas de fundo: esta camada apresenta algumas opções gratuitas de mapa de fundo que o usuário pode escolher, entre as quais estão representados limites políticos, imagens de satélite e topografia. As imagens dos mapas de fundo ficam armazenadas no servidor ArcGIS Server e são disponibilizadas por meio de um serviço da web.
- Radar (raster): esta camada representa o Radar Meteorológico de São Paulo, de propriedade do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). As informações solicitadas são coletadas em tempo real no site do SAISP e abrangem uma área em um raio de 240km que inclui toda a RMSP e seus mananciais de abastecimento. As imagens correspondem à escala oficial de cores do SAISP e podem representar os dados de chuva acumulados em determinados períodos ou instantâneos (intensidade), para os quais é possível, ainda, exibir animações (vide item Funções e Operações Analíticas), de acordo com as opções definidas pelo usuário. Para a seleção de eventos recentes, as informações são atualizadas em tempo real, sem necessidade da intervenção do usuário. A Figura 2 ilustra a camada Radar representando dados de precipitação acumulada em um evento de 48 horas de duração.

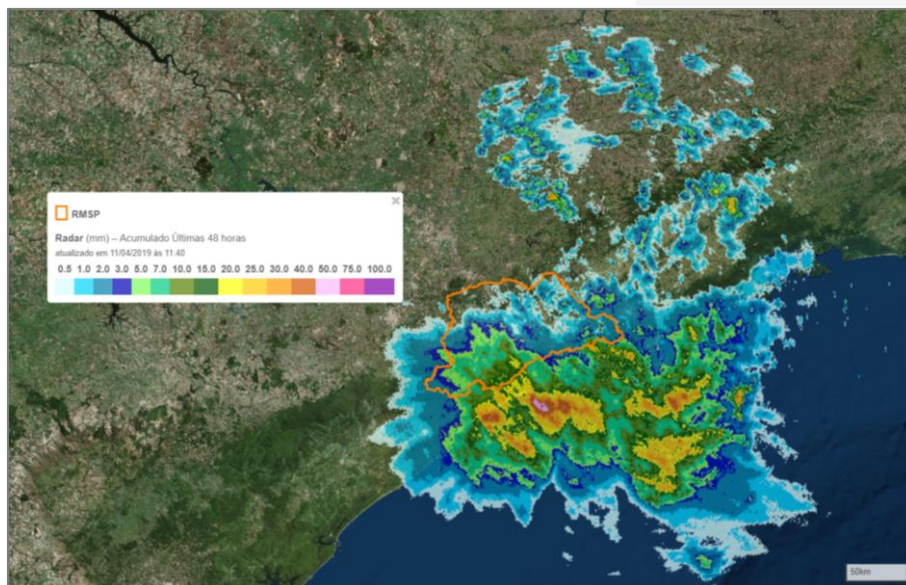


Figura 2: Dados do Radar Meteorológico - Precipitação acumulada em 24 horas.

- Postos Telemétricos (pontos): representa a localização dos postos de interesse da Rede Telemétrica de Hidrologia do DAEE. Cada posto está associado a dados tabulares de séries temporais de vazão, nível, volume e/ou precipitação, coletados por meio do portal do SAISP e armazenados no banco de dados do SSD. Os dados exibidos no mapa podem refletir as últimas medições de cada posto ou podem ser agregados para representar períodos de interesse mais comuns (última hora, últimas 6, 12, 24 ou 48 horas, últimos 7 ou 15 dias). Também é possível consultar a série temporal recente na própria página: ao selecionar um posto no mapa, é exibida uma janela móvel com o gráfico dos valores medidos para todos os instrumentos daquele posto nos últimos 7 dias. A janela também exibe um atalho para uma consulta mais complexa dos dados telemétricos em outra página do Sistema.

Cada posto telemétrico pode, ainda, ter faixas de alarmes cadastradas no banco de dados do SSD. Nestes casos, a última informação medida para cada instrumento determina em que estado de alarme este se encontra. Esta informação também está disponível para exibição no mapa e no gráfico, permitindo que o usuário identifique rapidamente os postos que se encontram fora da faixa normal de operação. Tais alarmes são importantes pois captam a atenção dos gestores para situações de risco potencial. A Figura 3 representa a situação dos postos telemétricos referentes aos alarmes cadastrados para determinado instante e um gráfico dos últimos dias para um posto selecionado.

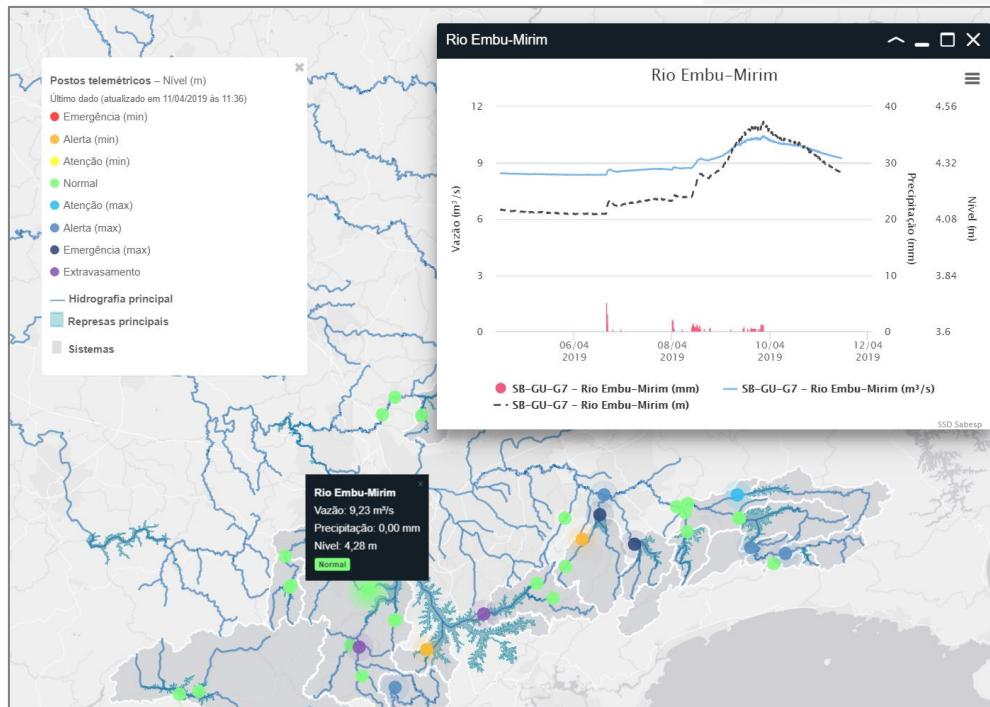


Figura 3: Postos telemétricos: alarmes e série temporal.

- Infográficos: esta camada, que é criada dinamicamente e adicionada ao mapa, quando solicitada, apresenta os volumes úteis relativos (percentuais) de cada sistema produtor em forma de gráficos de rosca para uma data selecionada. Os gráficos são posicionados próximo aos respectivos sistemas produtores e têm seus tamanhos variados de acordo com a capacidade total de cada sistema. Na Figura 4 é possível visualizar um exemplo dos Infográficos.

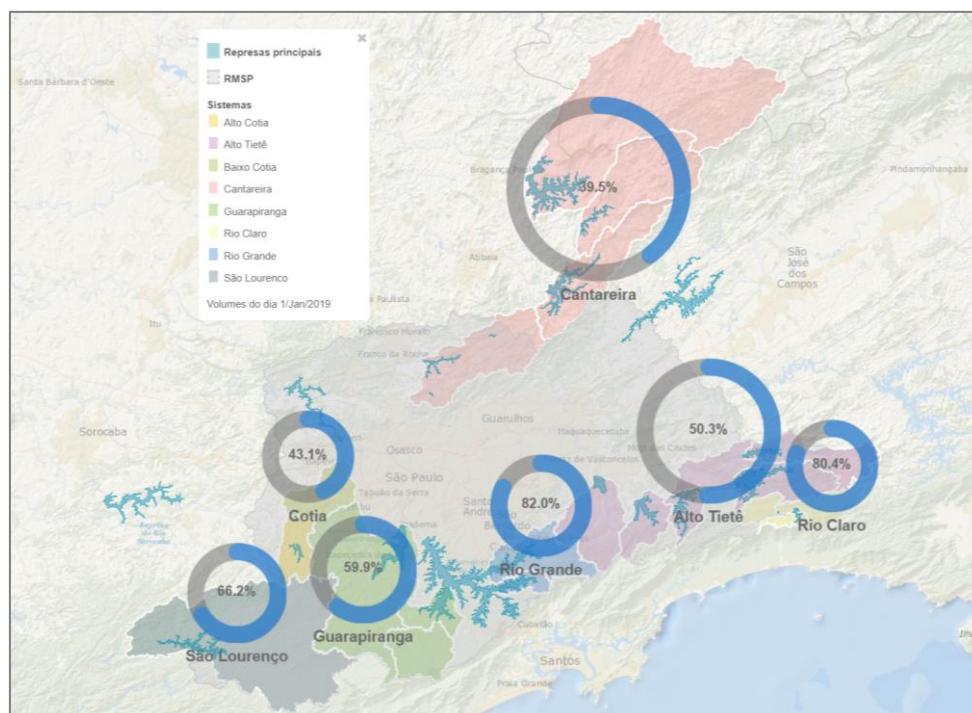


Figura 4: Infográficos e Sistemas.

Os dados das camadas a seguir foram extraídos de shapefiles e estão armazenadas como arquivos geoJSON codificados nos arquivos-fonte do SSD.

- ETAs, Elevatórias, Barragens e Captações: estas camadas, representadas por pontos, retratam a localização das estações de tratamento de água (ETAs), elevatórias, barragens e principais captações que compõem o sistema de abastecimento da RMSP.
- Hidrografia principal e secundária: camadas de linhas que representam a hidrografia na região de interesse. A hidrografia está organizada em duas camadas: a hidrografia principal é constituída pelos principais rios da região, enquanto a secundária é mais densa, sendo composta por mais ramificações, que se traduzem por afluentes de menor hierarquia.
- Municípios, RMSP e Macrometrópole: estas camadas, representadas por polígonos, ilustram os limites políticos correspondentes.

A camada de municípios abrange todas as cidades do Estado de São Paulo e corresponde aos limites oficiais do IBGE em 2010. A RMSP concentra 39 destes municípios, incluindo o município de São Paulo, enquanto o limite da Macrometrópole Paulista, compilado pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano, abriga a RMSP, além das RMs da Baixada Santista, de Campinas, de Sorocaba e do Vale do Paraíba e Litoral Norte.

- Sistemas e interligações: a camada Sistemas representa as áreas (polígonos) de contribuição dos reservatórios que compõem a rede de abastecimento da RMSP camada com a delimitação das bacias hidrográficas (polígonos) e pode ser renderizada com uma padronização de cores para os reservatórios que compõem um mesmo sistema de abastecimento da RMSP, sendo, a princípio, a escala de cores padrão adotada pela Sabesp. A camada de interligações (linhas) ilustra a transferência entre estas bacias e/ou reservatórios.
- Setores de abastecimento: esta camada representa o atendimento dos sistemas às zonas de demanda da RMSP. Os setores de abastecimento são polígonos que inicialmente são representados por uma escala de cores padronizada, de acordo com o sistema ou combinação de sistemas produtores que abastecem aquela área, sendo possível identificar até mesmo áreas cujo abastecimento pode ser realizado por mais de um sistema produtor, o que pode ser uma informação importante no planejamento da distribuição, uma vez que estas áreas contam com maior flexibilidade de abastecimento.

## FUNÇÕES E OPERAÇÕES ANALÍTICAS

O sistema HidroMapas conta com ferramentas que permitem aos tomadores de decisão adaptar o conteúdo visual aos seus interesses particulares, tais como a possibilidade de customização das

camadas apresentadas, criação/visualização de mapas rápidos, mapas temáticos e a possibilidade de salvamento de mapas personalizados. As principais funções disponíveis estão descritas a seguir.

- Interface interativa:
  - Possibilidade de navegação pelo mapa deslocando-se para os lados da tela, afastando e aproximando (zoom e pan);
  - Régua de escala que se atualiza automaticamente conforme o usuário altera o zoom;
  - Opção de navegação em tela cheia, que permite um melhor aproveitamento da tela e é bastante útil no caso de reuniões e apresentações. Esta função é bastante utilizada para adoção do HidroMapas como ferramenta de monitoramento em tempo real na Sala do CCM e nas Salas de Operação; e
  - Possibilidade de alteração da hierarquia das camadas, função que permite ao usuário escolher a qual ordem de sobreposição na qual elas aparecerão;
- Ferramentas de medição: os HidroMapas contam com algumas ferramentas de medição, para auxiliar o usuário a estimar distâncias (traçar linhas), áreas (traçar polígonos) e a obter coordenadas de pontos de interesse (adicionar marcadores) diretamente no mapa, sem a necessidade de recorrer a ferramentas externas;
- Tabela de atributos: as camadas vetoriais contam com uma tabela de atributos vinculada que traz as informações tabulares de cada entidade espacial daquela camada. Nos HidroMapas, é possível consultar estas informações, cuja estrutura varia para cada camada. Por exemplo, a camada Hidrografia Principal tem como atributos o nome do trecho e sua extensão. Já a camada Sistemas tem como atributos um código identificador do sistema, seu nome, a área, o perímetro, o nome da bacia hidrográfica, o departamento que administra e a sigla do sistema.
- Simbologia e legenda: o alto potencial de customização que o HidroMapas oferece ao usuário se traduz pela possibilidade de, dentro de cada camada, a depender das suas características inerentes, determinar a cor e opacidade de seus elementos representativos (linhas, bordas, áreas, marcadores), incluir ou não tais elementos na legenda do mapa, exibir rótulos com base em valores da tabela de atributos (nome dos rios, por exemplo) ou do banco de dados (dados de telemetria), escolher o tamanho da fonte, espessura, etc.

Para a camada do Radar, é possível selecionar o tipo do dado que se deseja (acumulado ou intensidade), o período desejado e a opacidade da imagem.

No caso dos Infográficos, é possível alterar o tamanho, as cores e opacidade dos gráficos e rótulos, habilitar ou desabilitar rótulos e selecionar a data desejada para que se tenha a informação correspondente.



Os gráficos das séries históricas recentes dos dados de telemetria dos postos também podem ser customizados, sendo possível escolher as informações visualizadas (séries de chuva, vazão, volume e/ou nível e respectivos alarmes), cores, estilos de linha e descrições.

- Mapas temáticos: os mapas temáticos consistem na possibilidade de se distinguir e representar elementos de uma mesma camada com base em seus atributos. Estas opções ainda estão disponibilizadas para um número reduzido de camadas. No caso dos postos telemétricos, é possível selecionar a temática de renderização com base nos atributos do proprietário da rede telemetria ou com base no estado de alerta (Figura 3) de cada posto. Para as camadas de sistemas e setores de abastecimento, pode-se preencher os polígonos de acordo com o sistema a que se referem, sendo sugeridas as cores padrão adotadas pela Sabesp.
- Animações: A integração das informações de intensidade de precipitação provenientes do Radar Meteorológico do SAISP permite a visualização das precipitações instantâneas para alguns intervalos pré-determinados como também períodos mais antigos e da previsão de deslocamento das nuvens com a intensidade das chuvas podendo ser interpretada de acordo com uma escala de cores. As imagens correspondentes a cada dado são exibidas alternadamente em um intervalo de tempo pré-definido, criando uma animação que permite ao usuário verificar a dinâmica atual ou de um evento de interesse. A data e horário correspondentes a cada imagem podem ser conferidos na legenda dos HidroMapas.

## PERSPECTIVAS FUTURAS

Com o avanço da tecnologia e das particularidades dos mais diversos grupos de usuários, os Sistemas de Informações Geográficas precisam ser flexíveis e ter capacidade de se adaptar às novas necessidades de maneira rápida e eficiente. Desta maneira, o HidroMapas é uma ferramenta em constante evolução e algumas das perspectivas futuras para seu desenvolvimento são exploradas a seguir.

Uma das possibilidades futuras em análise é a implementação de dados de previsão do tempo e de previsão climática no HidroMapas. Atualmente, a ferramenta conta com dados do radar meteorológico do SAISP, com informações em tempo real, e a inclusão de dados de previsão poderá tornar o sistema mais completo e criar novas utilidades.

Outra potencial melhoria é a criação de uma interface de dados entre o HidroMapas e os modelos de otimização da alocação (MIGRH), que possibilitaria, juntamente com os dados de

previsão climática, a simulação de cenários e análise dos resultados diretamente no HidroMapas, auxiliando os gestores na tomada de decisão.

## CONCLUSÃO

Os principais usuários do HidroMapas são os funcionários da Sabesp pertencentes aos mais variados escalões, utilizando-o em atividades relacionadas à operação e ao gerenciamento dos sistemas de abastecimento. Para eles, o HidroMapas é uma ferramenta fundamental, pois permite a integração e a fácil e rápida visualização espacial das informações em tempo real. Dentre as camadas mais utilizadas destacamos os infográficos e o radar, importantes para o controle em tempo real tanto do volume de água armazenado quanto das precipitações nas bacias hidrográficas.

Percebe-se, a partir das informações apresentadas, a relevância do uso de Sistemas de Informações Geográficas para auxiliar os gestores na tomada de decisão. A cada dia cresce a importância de ferramentas capazes de manipular dados brutos e transformá-los em informações visualmente acessíveis de maneira rápida e simples, permitindo um ganho de velocidade na tomada de decisões, seja no planejamento de recursos hídricos a longo prazo, seja em situações de crise, quando a tomada de decisões deve ser especialmente rápida.

É difícil mensurar todo o potencial de tais ferramentas, pois com o avanço das tecnologias e dos interesses envolvidos, a cada dia surgem novas ideias e diferentes aplicabilidades vão se tornando reais, expandindo os horizontes e limites das ferramentas de suporte à decisão, contribuindo, de maneira cada vez mais eficiente, no conhecimento e gerenciamento de sistemas em busca das melhores decisões gerenciais.

## REFERÊNCIAS

Clarke, K. C. (1995). *Analytical and computer cartography*. 2<sup>nd</sup> ed. Englewood Cliffs, NJ.: Prentice-Hall, 334 p.

Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano – Emplasa (2019). São Paulo. <<https://www.emplasa.sp.gov.br/MMP>>. Acesso em: 10 de abril de 2019.

Johnson, L. E. (2009). *Geographic information systems in water resources engineering*. Taylor-Francis Group, CRC Press, Boca Raton, FL. ISBN 978-1-4200-6913-6, 286 p.

Sistemas de Alerta a Inundações de São Paulo – SAISP (2019). São Paulo. Disponível em: <<http://www.saisp.br/>>. Acesso em: 10 de abril de 2019.