

TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NO MONITORAMENTO AMBIENTAL: LIÇÕES DO SIMPA/ES PARA O GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS

Ana Carolina Santoro¹ (ana.santoro@waterservicestech.com), Cezar Parladore¹, Luciana Miranda¹, Raiane Martins¹

Resumo

O gerenciamento de áreas contaminadas é uma das frentes mais sensíveis e reguladas da política ambiental brasileira, exigindo grande volume de dados técnicos, rastreabilidade documental e controle rigoroso das etapas. De modo análogo, o monitoramento de condicionantes ambientais requer padronização, confiabilidade analítica e agilidade nos pareceres técnicos. Diante dessas similaridades estruturais, este trabalho tem como objetivo apresentar um paralelo entre os requisitos da gestão de áreas contaminadas e a experiência de digitalização conduzida pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA) com o Sistema de Monitoramento de Parâmetros Ambientais (SIMPA/ES). A experiência do SIMPA/ES evidencia que a transformação digital, quando bem estruturada, catalisa a eficiência, a transparência e a capacidade de fiscalização preventiva e mostra que a solução desenvolvida tem potencial de aplicação direta ao Gerenciamento de

Áreas Contaminadas, especialmente no que se refere à governança de dados, rastreabilidade e padronização de informações ambientais.

Palavras-chave: Gestão Ambiental Pública; Órgãos Reguladores Ambientais; GAC; Sistema de Monitoramento de Parâmetros Ambientais; IEMA.

Abstract

Contaminated site management is one of the most sensitive and regulated fronts of Brazilian environmental policy, demanding a large volume of technical data, document traceability, and rigorous control of stages. Similarly, monitoring of environmental conditions requires standardization, analytical reliability, and agility in technical assessments. Given these structural similarities, this work aims to present a parallel between the requirements of contaminated site management and the digitization experience conducted by the State Institute of Environment and Water Resources of Espírito Santo (IEMA) with the Environmen-

¹ Water Services and Technology (WST), São Paulo/ Belo Horizonte, Brasil.

tal Parameter Monitoring System (SIMPA/ES). The SIMPA/ES experience demonstrates that digital transformation, when well-structured, catalyzes efficiency, transparency, and preventive enforcement capacity, and shows that the developed solution has the potential for direct application to Contaminated Site Management, especially regarding data governance, traceability, and the standardization of environmental information.

Keywords: *Public Environmental Management, Environmental Regulatory Agencies; Contaminated Site Management (CSM); Environmental Parameter Monitoring System; IEMA.*

1. Introdução

A gestão ambiental pública no Brasil enfrenta desafios operacionais paralelos e de alta complexidade em duas frentes cruciais: o monitoramento de condicionantes de licenças ambientais e o Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC). Historicamente, órgãos reguladores como o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA) lidam com entraves técnicos significativos que comprometem sua eficácia no monitoramento do cumprimento de condicionantes de licenças ambientais. A recepção de dados em formatos físicos ou mídias digitais desconectadas, a fragmentação de informações em silos departamentais e a ausência de um banco de dados unificado resultam em processos manuais morosos, dificultando a consulta a dados históricos e o cruzamento de informações para análises integradas. Isso limita a capacidade de ação preventiva e de tomada de decisão para agir em casos de descumprimento de condicio-

nantes e possíveis impactos ao meio ambiente.

Diante desse cenário, o presente artigo tem como objetivo analisar o Sistema de Monitoramento de Parâmetros Ambientais do Espírito Santo (SIMPA/ES) como um estudo de caso de sucesso na concepção e implementação de um sistema para o monitoramento de condicionantes ambientais, servindo como uma ponte entre órgão ambiental e empreendedor. Além disso, se propõe mostrar que as soluções criadas para o sistema são aplicáveis também no gerenciamento de áreas contaminadas no que tange o acompanhamento por parte de órgãos reguladores e cumprimento dos monitoramentos ambientais pelos responsáveis.

O trabalho adotou uma abordagem qualitativa, descritiva e analítica, baseada em estudo de caso institucional, com análise documental, técnica e operacional do Sistema de Monitoramento de Parâmetros Ambientais do Espírito Santo (SIMPA/ES), bem como em documentos institucionais e experiências práticas associadas à sua implementação.

2. Desenvolvimento e Funcionalidades do Sistema

O SIMPA/ES nasceu de um acordo de cooperação técnica entre o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA), a mineradora Vale e a consultoria Water Services and Technologies (WST), no contexto do atendimento a uma condicionante de licença ambiental. Essa parceria entre os setores público e privado viabilizou o desenvolvimento de uma plataforma robusta, cuja implantação contou com a participação voluntária de empreendimentos, permitindo a validação da solução em um ambiente

real e a construção de uma base de dados qualificada e representativa.

O sistema começou a ser desenvolvido em 2022 e a primeira versão foi colocada em produção no segundo semestre de 2023. No segundo semestre de 2024 deu-se início à construção de uma segunda versão que foi lançada em setembro de 2025.

A arquitetura tecnológica e as funcionalidades do SIMPA/ES foram projetadas para garantir

integridade, rastreabilidade, integração entre múltiplas fontes e agilidade no fluxo de informações, alinhando-se às diretrizes de governança orientada por dados (Biagi & Russo, 2022). Seus pilares fundamentais incluem:

- **Plataforma Centralizada:** O sistema combina um portal *web* intuitivo, que serve como interface para os usuários, com um robusto banco de dados relacional gerenciado

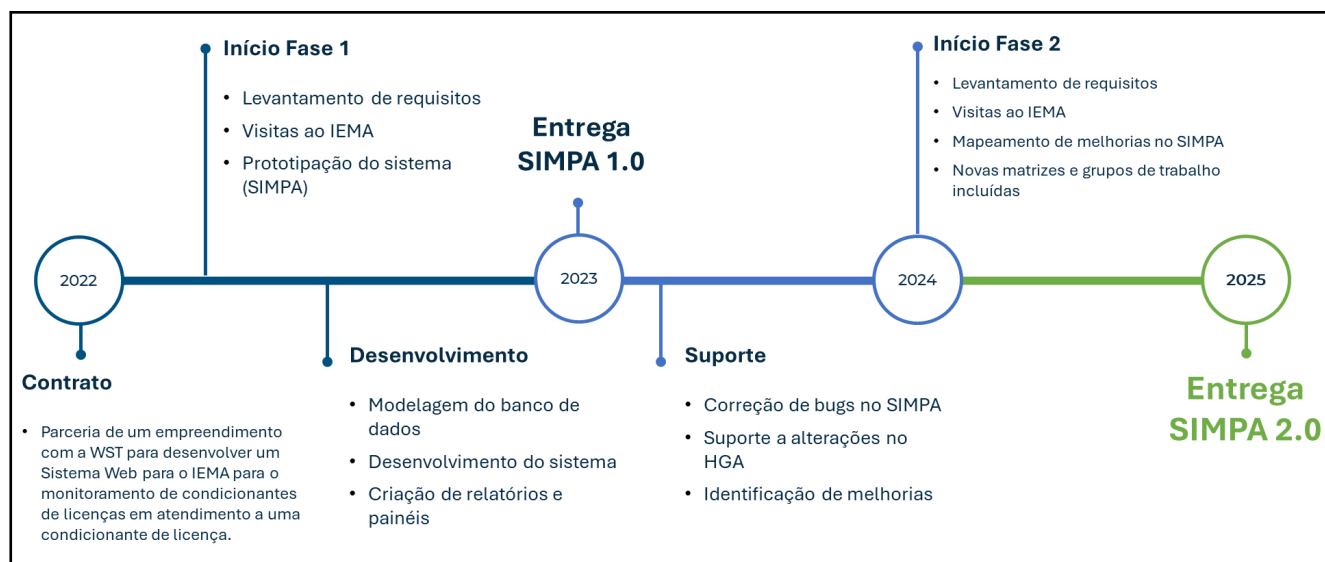


Figura 1 – Linha do tempo do desenvolvimento e implantação do SIMPA/ES. Fonte: elaborada pelos autores (2025).

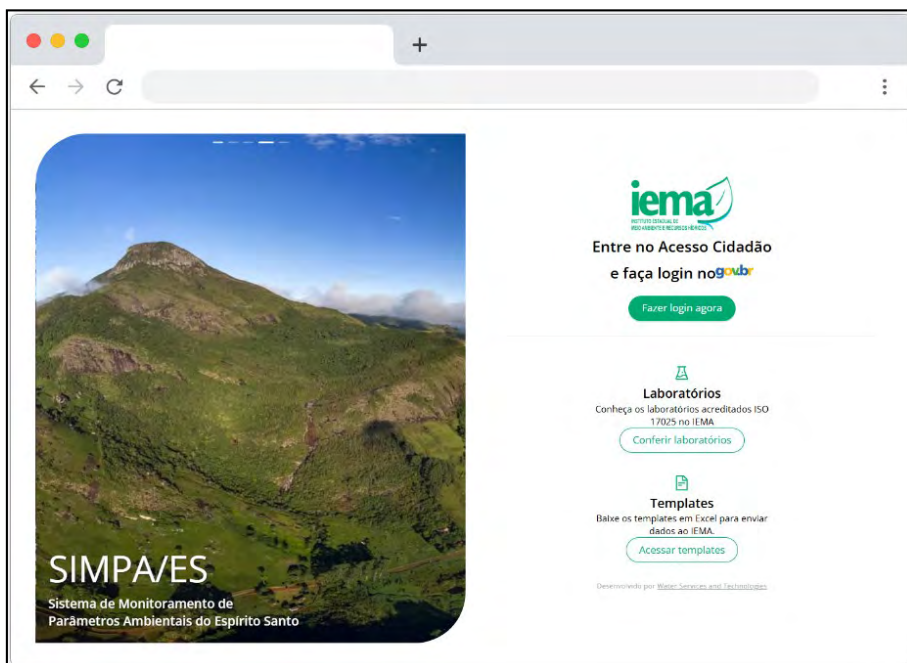


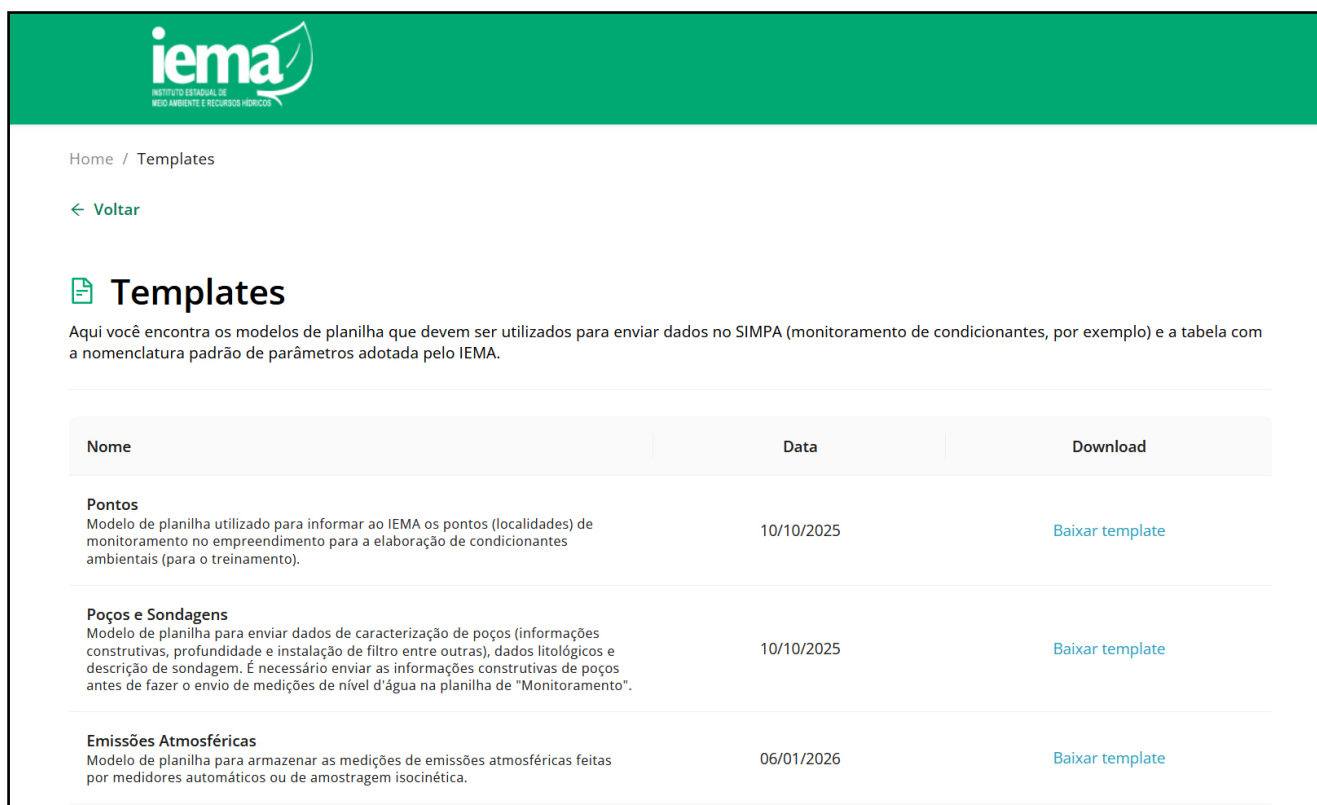
Figura 2 – Interface do SIMPA/ES. Fonte: SIMPA/ES (2025).

pelo software Hydro GeoAnalyst (HGA), que garante a integridade e a estruturação das informações. Essa arquitetura unifica o recebimento, o armazenamento e a análise de dados, eliminando a fragmentação e criando uma fonte única e confiável para consulta.

- **Padronização de Dados:** Para garantir consistência e comparabilidade, o envio de dados é realizado por meio de *templates* (planilhas modelo) padronizados. Essa medida assegura que todas as informações submetidas sigam a mesma estrutura, impondo a padronização da nomenclatura de parâmetros, métodos analíticos e atributos dos pontos de monitoramento.
- **Controle de Qualidade e Validações Automatizadas:** A plataforma realiza uma série de validações automáticas no momento do

envio dos dados. Essas regras incluem a verificação de campos obrigatórios, o uso de listas de valores controlados (lista suspensa), a conformidade com a tipologia de cada campo e o respeito aos limites de caracteres, o que reduz significativamente erros humanos e acelera o processo de correção de erros encontrados.

- **Gestão de Laboratórios Acreditados:** O SIMPA/ES possui um módulo específico para o cadastro de laboratórios com acreditação ISO/IEC 17025. O sistema cruza as informações das análises enviadas pelos empreendimentos com o escopo de acreditação registrado, garantindo que os dados analíticos sejam provenientes de fontes qualificadas e conformes.
- **Perfis de Acesso Diferenciados:** A plataforma opera com módulos distintos para cada tipo de usuário: colaboradores do IEMA,



Home / Templates

[← Voltar](#)

Templates

Aqui você encontra os modelos de planilha que devem ser utilizados para enviar dados no SIMPA (monitoramento de condicionantes, por exemplo) e a tabela com a nomenclatura padrão de parâmetros adotada pelo IEMA.

Nome	Data	Download
Pontos Modelo de planilha utilizado para informar ao IEMA os pontos (localidades) de monitoramento no empreendimento para a elaboração de condicionantes ambientais (para o treinamento).	10/10/2025	Baixar template
Poços e Sondagens Modelo de planilha para enviar dados de caracterização de poços (informações construtivas, profundidade e instalação de filtro entre outras), dados litológicos e descrição de sondagem. É necessário enviar as informações construtivas de poços antes de fazer o envio de medições de nível d'água na planilha de "Monitoramento".	10/10/2025	Baixar template
Emissões Atmosféricas Modelo de planilha para armazenar as medições de emissões atmosféricas feitas por medidores automáticos ou de amostragem isocinética.	06/01/2026	Baixar template

Figura 3 – página de acesso público para *download* de *templates* de envio de dados no SIMPA. Fonte: SIMPA/ES.

Erros de Validação

Referências incorretas **Integridade dos dados** Validações adicionais

Validador	Tabela	Coluna	Valor	Linha	Mensagem
Tipo de dado incompatível	parameter_sample	Codigo Amostra		2	Esta coluna não pode ficar em branco.
Tipo de dado incompatível	parameter_sample	Hora Coleta		3	Esta coluna não pode ficar em branco.
Tipo de dado incompatível	parameter_sample	De (m)		5	Esta coluna não pode ficar em branco.
Tipo de dado incompatível	parameter_result	Data Analise		14	Esta coluna não pode ficar em branco.
Tipo de dado incompatível	parameter_result	Data Analise		15	Esta coluna não pode ficar em branco.
Tipo de dado incompatível	parameter_result	Data Analise		16	Esta coluna não pode ficar em branco.
Código de amostra não informado	sample_code_result		SED_13-Ciclo3		O código da amostra não foi informado em Parameter Sample

Escopo de monitoramento
Confira as informações do escopo de monitoramento, incluindo a legislação de referência, os pontos de monitoramento e os parâmetros vinculados à frequência definida.

[Conferir escopo](#)

Figura 4 – Exemplo da validação aplicada em um envio de dados de monitoramento para atendimento a condicionante ambiental no SIMPA/ES, mostrando os erros encontrados nas linhas e colunas das tabelas do arquivo. Fonte: SIMPA/ES.

Home / Laboratórios

[← Voltar](#)

Lista de Laboratórios

Razão social	CNPJ/CPF	Cidade/UF	Acreditação	Download
Engenharia Laboratório de Análise	62.473.004/0013-88	Serra / -	Abrir acreditação	Baixar arquivo
Engenharia Laboratório de Análise	04.485.521/0003-07	Serra / -	Abrir acreditação	Baixar arquivo
Engenharia Laboratório de Análise	28.151.363/0001-47	Vitória / ES	Abrir acreditação	Baixar arquivo
Engenharia Laboratório de Análise	62.473.004/0008-10	Piracicaba / -	Abrir acreditação	Baixar arquivo
Engenharia Laboratório de Análise	28.383.198/0001-59	Rio de Janeiro / -	Abrir acreditação	Baixar arquivo
Engenharia Laboratório de Análise	03.334.491/0001-03	Belo Horizonte / MG	Abrir acreditação	Baixar arquivo
Engenharia Laboratório de Análise	04.927.092/0002-91	Vila Velha / -	Abrir acreditação	Baixar arquivo

Figura 5 – Lista de laboratórios com escopo de acreditação cadastrados no SIMPA/ES (descaracterizado). Fonte: SIMPA/ES.

que definem os escopos de monitoramento; laboratórios, que gerenciam seus escopos de acreditação; e empreendimentos, que submetem os dados. Essa segmentação organiza o fluxo de trabalho, aumenta a segurança da informação e delimita as responsabilidades de cada ator no processo.

A robustez do sistema é evidenciada por sua capacidade de gerenciar dados de múltiplas matrizes ambientais, como somente água, efluentes, solo e sedimento, ruído, qualidade do ar, dragagem, emissões atmosféricas e resíduos, demonstrando sua flexibilidade e ampla aderência a normas e resoluções vigentes nos âmbitos federal, estadual e municipal.

A implementação do SIMPA/ES gerou resultados tangíveis e de alto impacto para o IEMA, consolidando um novo patamar de eficiência na gestão ambiental:

1. Agilidade e Confiabilidade: Houve uma aceleração notável na análise de condicionantes por parte dos analistas e gestores do IEMA. A padronização e as validações automáticas garantem uma maior confiabilidade e rastreabilidade dos dados submetidos.

2. Otimização e Eficiência: A automação de tarefas manuais e repetitivas otimizou o trabalho técnico, liberando os analistas para se concentrarem em atividades de maior valor agregado, como a interpretação crítica dos dados e a tomada de decisões estratégicas.

3. Transparência e Conformidade: O sistema tornou o fluxo de informações mais transparente, desde a definição da condicionante até o recebimento dos dados, fortalecendo a conformidade regulatória e a auditabilidade dos processos.

4. Capacidade de Fiscalização Preventiva:



Figura 6 – Tela de acesso aos “módulos” de acordo com os diferentes perfis de usuário. Fonte: SIMPA/ES.

Com dados estruturados e acessíveis, a capacidade de fiscalização do órgão foi aprimorada, permitindo a identificação proativa de tendências e anomalias e viabilizando a tomada de ações preventivas antes da ocorrência de danos ambientais.

O sucesso do SIMPA/ES se deve a fatores que devem também ser seguidos na implementação de um sistema similar para o gerenciamento de áreas contaminadas. São eles:

1. Investigação e entendimento das necessidades práticas dos analistas ambientais ao criarem e gerenciarem as condicionantes ambientais;
2. Engajamento dos analistas em participar e testar o sistema durante e após seu desenvolvimento, sugerindo melhorias e identificando bugs para correção;
3. Participação e diálogo com os empreendi-

mentos licenciados pelo IEMA para entender as necessidades de quem precisa enviar dados de monitoramento ambiental ao órgão;

4. Adoção de técnicas de desenvolvimento ágil de software, como a validação constante com usuários e desenvolvimento iterativo, onde funcionalidades pequenas são lançadas frequentemente para que mudanças de rotas sejam identificadas e aplicadas o quanto antes para evitar retrabalho futuro e consequente incremento de prazos.

3. O Desafio da Modernização

A transição para um modelo de governança digital na gestão pública exige mais do que a simples adoção de novas tecnologias; requer uma reestruturação de processos e uma visão estratégica (BARBOSA, 2021). Além disso, a implementação de novas tecnologias e a digitalização de fluxos de

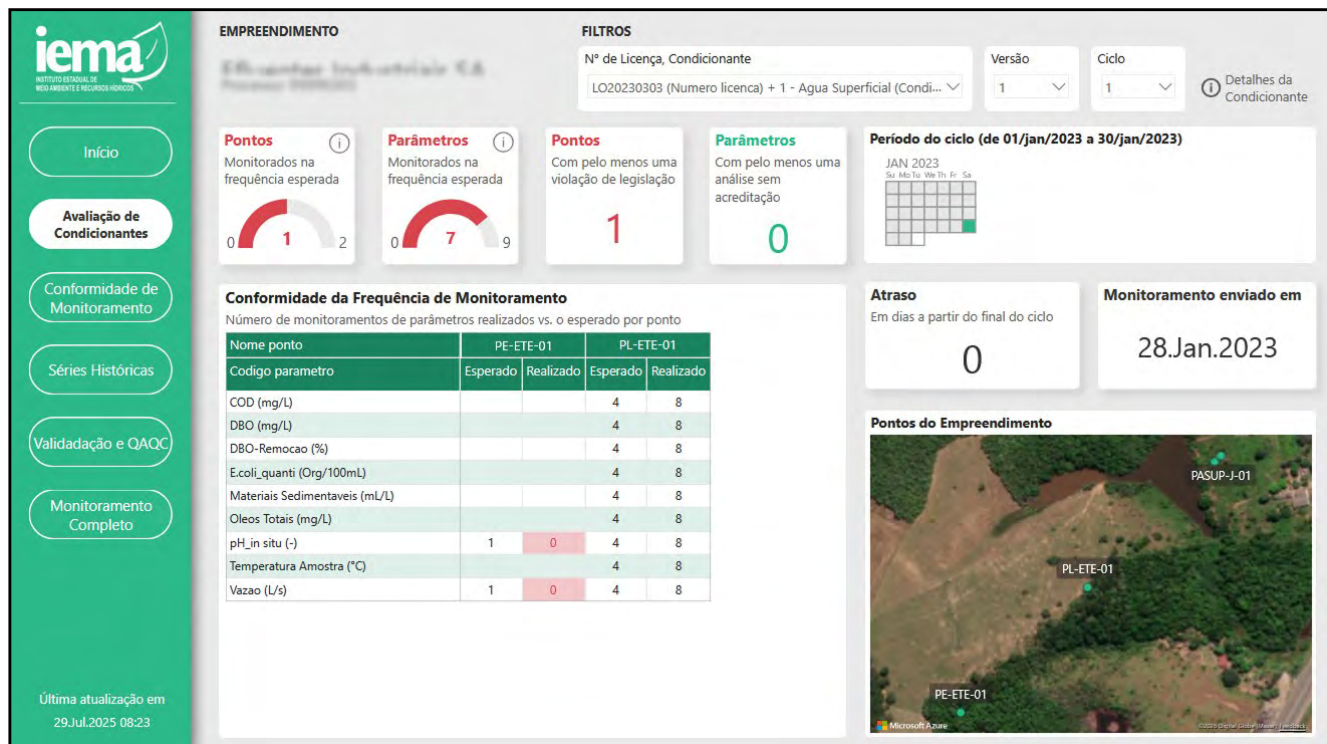


Figura 7 – Painel de acompanhamento dos envios de monitoramentos de condicionantes feitos no SIMPA/ES.
 Fonte: SIMPA/ES.

trabalho existentes se depara com desafios em diferentes esferas.

No caso do SIMPA/ES, os principais desafios que tiveram de ser superados e que podem também ser encontrados na implementação de uma solução similar para GAC foram:

- **Mudança de mentalidade e ceticismo com novos sistemas:** foi observada uma diferença de mentalidade e confiança na solução proposta entre servidores recém ingressados no IEMA e servidores seniores. Estes apresentaram ceticismo com o sucesso da solução principalmente pela quantidade de sistemas que hoje existem no órgão e por nem todos funcionarem como esperado; já aqueles se mostraram mais abertos e apoiavam a implementação de novas soluções digitais.
- **Entendimento das necessidades de todas as partes interessadas:** foi necessário levantar e entender as necessidades dos servidores do IEMA que operarão o sistema, dos empreendimentos que apresentarão o cumprimento das condicionantes e de laboratórios de análise que devem cadastrar seus escopos de acreditação. Muitas vezes as necessidades de cada parte não se alinhavam, necessitando avaliação mais aprofundada para chegar a um ponto de encontro.
- **Necessidade de adaptação regulatória local:** foi necessário que o IEMA atualizasse suas Instruções Normativas para incluir a obrigatoriedade de envios de monitoramentos no SIMPA, além de avaliar juridicamente o que poderia ser requisitado de laboratórios e empreendimentos.

- **Desenvolvimento iterativo e testes contínuos com usuários:** por se tratar de um sistema complexo para atender diferentes necessidades, foi crucial o desenvolvimento fracionado e a validação de telas e fluxos com usuários. Foi possível dessa forma fazer ajustes rápidos enquanto o sistema era desenvolvido de modo a melhor atender as necessidades de servidores do IEMA e empreendimentos.

- **Manutenção do sistema:** uma vez implementado o sistema, é necessária atenção para atualizações e controle de padrões, como por exemplo o cadastro de novas legislações e seus valores de referência, cadastro de parâmetros analíticos e unidades de medida, além de manter um canal ativo para dúvidas e suporte de usuários externos (i.e. laboratórios e empreendimentos) e internos (i.e. servidores do órgão).

4. A Ponte para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC)

A transposição do modelo SIMPA/ES para o universo do GAC é uma evolução lógica, dada a profunda similaridade estrutural dos desafios enfrentados em ambas as frentes. Questões como a gestão de grandes volumes de dados, a necessidade de rastreabilidade entre diferentes fases processuais e a garantia de integridade metodológica são comuns a ambos os contextos. O SIMPA/ES oferece soluções diretas para as deficiências historicamente observadas no GAC.

A tabela abaixo compara os desafios comuns no GAC com as soluções que o modelo SIMPA/ES pode oferecer:

Tabela 1 - paralelo entre desafios no gerenciamento de áreas contaminadas e de condicionantes de licenças ambientais.

Desafio no Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC)	Solução Aplicada pelo Modelo SIMPA/ES
Fragmentação de informações entre as fases (Avaliação Preliminar, Investigação Confirmatória, etc.).	Banco de dados centralizado no HGA e <i>templates</i> padronizados que unificam o formato e a nomenclatura dos dados em todo o ciclo de vida da área.
Falta de integração e rastreabilidade entre áreas técnicas e etapas do processo.	Plataforma <i>web</i> única com histórico de envios, garantindo auditabilidade e acesso controlado por diferentes setores.
Subjetividade e inconsistência na análise de dados devido a formatos variados.	Validações técnicas automatizadas com base em regras predefinidas, que reduzem erros humanos e garantem a integridade metodológica.
Longo tempo de análise para compilação de dados e emissão de pareceres.	Automação de verificações e <i>dashboards</i> interativos que permitem a análise rápida e a tomada de decisão baseada em dados consolidados.
Envio de dados em volume em arquivos sem padronização e de forma fragmentada.	Criação e disponibilização de planilhas modelo em formato “xlsx” para preenchimento estruturado dos dados de monitoramento como informações de pontos monitorados, amostras coletadas e resultados analíticos. O envio das planilhas é feito pelos responsáveis dos empreendimentos com monitoramentos ativos direto na interface do SIMPA. Em cada envio são aplicadas validações e gerado um número de protocolo.

A estrutura modular e escalável do SIMPA/ES permite sua adaptação para atender às especificidades do GAC. O sistema pode ser configurado para apoiar desde o recebimento recorrente de dados de monitoramento até a validação automatizada de relatórios conforme protocolos regulatórios específicos. É importante ressaltar que sua implementação pode ser complementar a ferramentas já existentes, como o Cadastro de Áreas Contaminadas, enriquecendo o ecossistema de gestão ambiental em vez de simplesmente substituí-lo (CETESB, 2020).

Dessa forma, o SIMPA/ES se apresenta não apenas como uma ferramenta tecnológica, mas como a base para um novo modelo de governança digital, capaz de conferir maior rigor, agilidade e inteligência ao setor ambiental.

5. Conclusão

O Sistema de Monitoramento de Parâmetros Ambientais do Espírito Santo (SIMPA/ES) se conso-

lidou como uma infraestrutura institucional estratégica no IEMA. Sua concepção e implementação estão em perfeito alinhamento com os princípios da Estratégia de Governo Digital do Governo Federal, que posiciona a transformação digital como um vetor essencial para o fortalecimento da administração pública (Brasil, 2020).

Os resultados alcançados pelo IEMA demonstram o impacto profundo do sistema: o fortalecimento da governança de dados, o aumento da eficiência operacional e a promoção da sustentabilidade por meio do aprimoramento da capacidade de fiscalização e da tomada de ações preventivas (IBRAM, 2025). A automação de processos e a centralização de informações não apenas otimizam o uso de recursos públicos, mas também elevam a qualidade e a celeridade das decisões técnicas.

Conclui-se, portanto, que a replicabilidade do modelo SIMPA/ES possui o potencial de catalisar uma nova abordagem na governança do geren-

ciamento de áreas contaminadas em todo o Brasil. Sua adoção por outros órgãos reguladores pode elevar o padrão de articulação federativa, superar restrições orçamentárias por meio de parcerias estratégicas e contribuir para uma gestão ambiental mais moderna, transparente e eficaz, respondendo de forma mais eficiente e estruturada às demandas contemporâneas da gestão ambiental pública.

6. Referências Bibliográficas

BARBOSA, R. A. **Governança digital na administração pública: perspectivas e desafios no contexto brasileiro**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora Fórum, 2021.

BIAGI, V.; RUSSO, A. **Data model design to support data-driven IT governance implementation**. *Technologies*, v. 10, n. 5, p. 106, 2022. Acedido em: 29 maio 2025, em: <https://doi.org/10.3390/technologies10050106>

BRASIL. Secretaria de Governo Digital. **Estratégia de Governo Digital 2020–2022**. Brasília, 2020. Acedido em: 27 maio 2025, em: <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/estrategias-e-governanca-digital/estrategianacional>

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. 5. ed. São Paulo: CETESB, 2020.

IBRAM – INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Livro Azul: boas práticas em gestão e manejo dos recursos hídricos pela mineração**. 1. ed. Brasília: IBRAM, 2025.

MAHMOUD, M. **Editorial for the Special Issue “Data Science and Big Data in Biology, Physical Science and Engineering”**. *Technologies*, v. 12, n. 1, p. 8, 2024.