

Evolução Pós-MVP: Avanços e Melhorias em uma Solução de Suporte à Gestão Ambiental

Rafael Ribeiro¹, Willian Clemente¹, Iago Nogueira¹, Felipe Scherer¹, Darwin Fagundes², Maicon Bernardino¹

¹Laboratory of Empirical Studies in Software Engineering – LESSE
Universidade Federal do Pampa - Unipampa

Av. Tiaraju, 810 – Ibirapuitã, Alegrete – RS, 97546-550

²Ecoeficiência Soluções Ambientais

Av. Oscar Martins Rangel, 3762 - Jardim do Prado, Taquara – RS, 95600-562

{willianclemente10,iagomwndes432,rafaelcrd.ribeiro}@gmail.com
darwin@ecoefficiencia.eco.br, bernardino@acm.org

Abstract. *Environmental consulting firms face challenges in managing diverse clients and complex projects, where efficient data management is essential for success. However, a lack of specialized tools often leads to data loss and manual work, reducing effectiveness. This study addresses this gap by refining a previously developed environmental management system (MVP) using an action research approach. Grounded in Soft Systems Methodology (SSM), the evolved system significantly improved data management efficiency and accuracy. It resolved bugs, added features, and introduced new solutions, enhancing the consulting process. User feedback confirmed its usability and relevance, highlighting its potential to transform environmental consulting practices.*

Resumo. *As empresas de consultoria ambiental enfrentam desafios ao gerenciar clientes diversos e projetos complexos, onde a gestão eficiente de dados é essencial para o sucesso. No entanto, a falta de ferramentas especializadas frequentemente leva à perda de dados e ao trabalho manual, reduzindo a eficácia. Este estudo aborda essa lacuna ao aprimorar um sistema de gestão ambiental (MVP) previamente desenvolvido, utilizando uma abordagem de pesquisa-ação. Baseado na metodologia de Soft Systems, o sistema evoluído melhorou significativamente a eficiência e a precisão na gestão de dados. Ele corrigiu falhas, adicionou funcionalidades e introduziu novas soluções, aprimorando o processo de consultoria. O feedback dos usuários confirmou sua usabilidade e relevância, destacando seu potencial para transformar as práticas de consultoria ambiental.*

1. Introdução

O software desempenha um papel crucial no avanço das empresas, proporcionando eficiência e agilidade nas operações, além de reduzir custos, conforme afirmado por [Bazzotti and Garcia 2006]. Sistemas de gestão que possibilitam a automação de processos, integração de informações e análise de dados em tempo real são ferramentas poderosas para aumentar a produtividade e a competitividade. Além disso, esses sistemas melhoram a comunicação interna e externa e facilitam o cumprimento de regulamentações.

Com a implementação bem-sucedida desses sistemas, pequenas empresas, foco deste estudo, podem se beneficiar significativamente, auxiliando em seu crescimento e expansão [Mahmud et al. 2017]. Com base nos resultados da pesquisa realizada com profissionais da área previamente conduzida [Ribeiro et al. 2023], tornou-se evidente que há uma lacuna no mercado atual de opções acessíveis voltadas para empresas emergentes de gestão ambiental, que requerem ferramentas especializadas para suas atividades. As soluções disponíveis muitas vezes possuem custos elevados ou não atendem às demandas específicas dessas empresas.

Diante dessa falta de alternativas adequadas, muitas empresas recorrem a métodos manuais ou ao uso de planilhas e ferramentas genéricas que não são projetadas especificamente para esse fim. Empresas de consultoria ambiental operam em um cenário dinâmico e complexo, caracterizado por uma diversidade de clientes e projetos multifacetados. Esse ambiente exige uma abordagem altamente adaptável e integrada para gerenciar uma ampla gama de atividades, desde avaliações de impacto ambiental até a implementação de soluções sustentáveis.

A gestão eficaz do volume substancial de dados gerados neste domínio é crucial para manter a eficiência e a precisão. Isso inclui a coleta, análise e interpretação de dados ambientais, bem como a comunicação clara e acessível dos resultados a todas as partes interessadas. Além disso, o cumprimento das regulamentações ambientais e a adaptação às constantes mudanças nas políticas ambientais são desafios contínuos que exigem uma gestão robusta e flexível de dados. Assim, as empresas de consultoria ambiental não apenas garantem a execução bem-sucedida dos projetos, mas também contribuem para a promoção de práticas ambientais responsáveis e sustentáveis.

Apesar do papel significativo da gestão de dados na garantia do sucesso das operações de consultoria ambiental, há uma notável ausência de ferramentas especializadas e acessíveis voltadas para as necessidades específicas deste setor. Essa deficiência resulta frequentemente na execução manual de uma grande parte das atividades, sem o auxílio de ferramentas especializadas, o que torna o processo suscetível à perda de dados e compromete a eficácia geral das operações de consultoria ambiental. À luz disso, o Produto Mínimo Viável (MVP) intitulado Suassu¹, foi desenvolvido em parceria com a Ecoeficiência Soluções Ambientais, cujo estudo de caso inicial foi reportado por [Ribeiro et al. 2024], para preencher essa lacuna. O MVP inicial foi desenvolvido para atender às necessidades básicas de gestão ambiental, mas a evolução contínua do sistema se mostrou essencial para manter sua relevância e eficácia diante dos desafios emergentes do setor.

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo relatar o primeiro trabalho de evolução da ferramenta após o desenvolvimento do MVP, seguindo os resultados fornecidos pelos estudos iniciados por [Ribeiro et al. 2023], aprimorados por [Ribeiro et al. 2024] e [Clemente et al. 2023], e proporcionar um novo nível de evolução em termos de documentação, processos, desenvolvimento, testes e entrega. Por meio de fases iterativas de design e teste, apresenta-se uma abordagem de pesquisa-ação, ilustrando o processo de refinamento que levou à criação de uma nova versão estável. A pesquisa-ação permite um ciclo contínuo de planejamento, ação, observação e reflexão,

¹Suassu: <https://suassu.com>

garantindo que cada iteração do sistema incorpore *feedbacks* reais dos usuários e responda às suas necessidades em evolução. Essa abordagem iterativa não apenas melhora a funcionalidade do sistema, mas também sua usabilidade e desempenho geral.

Este projeto está vinculado ao Cluster de Inovação promovido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS). Além disso, o projeto é patrocinado pela empresa Ecoeficiência Soluções Ambientais², que também atuou como parte interessada e acompanhou todo o processo de desenvolvimento da ferramenta, auxiliando na elicitación de requisitos e nos testes de funcionalidades, sendo um usuário ativo.

A metodologia adotada neste projeto de pesquisa segue a proposta de [Prodanov and De Freitas 2013], que fornece uma abordagem detalhada para a realização de pesquisas científicas e a elaboração de trabalhos acadêmicos. Essa metodologia destaca a importância das principais etapas de um projeto de pesquisa e estabelece critérios claros para a organização do trabalho.

Segundo essa metodologia, a pesquisa pode ser caracterizada da seguinte forma: (i) Quanto à **Natureza**, trata-se de uma **Pesquisa Aplicada**, pois visa gerar conhecimento prático para o desenvolvimento de software. (ii) Em relação aos **Objetivos**, trata-se de uma **Pesquisa Exploratória**, uma vez que está em um estágio inicial e busca um entendimento mais profundo do assunto em questão. (iii) Quanto aos **Procedimentos**, trata-se de uma **Pesquisa Documental**, pois utiliza fontes primárias de dados que ainda não foram tratadas cientificamente ou analiticamente, além de uma **Pesquisa de Campo** para elicitación e validação de requisitos. (iv) Além disso, trata-se de um **Estudo de Caso**, uma vez que a empresa patrocinadora do projeto é o principal objeto de estudo. (v) Quanto à **Abordagem**, é tanto **Qualitativa**, realizando uma análise ampla do objeto de pesquisa, quanto **Quantitativa**, na coleta de dados.

2. Contextualização

2.1. Trabalhos Relacionados

A pesquisa realizada por [Dotti et al. 2012] focou em identificar os principais obstáculos na obtenção de licenças ambientais por pequenos proprietários rurais. Com base nessas informações, foram criadas estratégias de gestão ambiental para reduzir a informalidade e o impacto ecológico na produção aquícola no Território da Grande Dourados. Os resultados indicaram que a barreira mais significativa para os piscicultores era a falta de dados para a regularização ambiental. No entanto, foi observado o interesse dos produtores em legalizar suas operações para obter benefícios fiscais e investir na melhoria e crescimento da aquicultura.

O estudo de [Gomes et al. 2023] relatou a aplicação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Em 2004, a UNISINOS tornou-se a primeira universidade latino-americana a receber a certificação ISO 14001 no campus de São Leopoldo. Este estudo apresenta o SGA implementado e os resultados de 15 anos do projeto. O relatório anual destaca o desenvolvimento sustentável promovido pela universidade, abrangendo o consumo de água, eletricidade, uso de papel

²<https://ecoefficiencia.eco.br/>

e gestão de resíduos. Mantendo uma boa gestão ambiental, a certificação foi estendida ao campus de Porto Alegre.

No estudo conduzido por [Paludo 2018], foi avaliada a gestão ambiental consorciada de municípios da região do Médio Vale do Itajaí, em Santa Catarina, como ferramenta de licenciamento ambiental. A pesquisa demonstrou que os municípios consorciados atendem aos critérios estabelecidos pela legislação para o licenciamento ambiental municipal. Além disso, o estudo identificou que o licenciamento consorciado permite a redução de custos e a redistribuição de taxas.

Um estudo de caso realizado por [Claver et al. 2007] teve como objetivo esclarecer a relação entre gestão ambiental e desempenho econômico. A pesquisa conduzida com a cooperativa agrícola COATO demonstrou que sua gestão ambiental teve um efeito líquido positivo no desempenho econômico, além de promover o desenvolvimento de novas capacidades organizacionais. A COATO obteve uma vantagem competitiva em diferenciação, graças à melhoria da imagem da marca e ao aumento da credibilidade nas relações comerciais.

2.2. Projeto de Pesquisa

A ferramenta foca no escopo ambiental e integra o Centro de Agro-tecnologia e Inovação do Pampa, conforme o Edital Fapergs 02/2022 - Inova Clusters Tecnológicos Nº 22/2551-0000841-0. O projeto é desenvolvido em parceria com a empresa Ecoeficiência Soluções Ambientais.

O projeto teve início como uma proposta de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de um aluno da graduação, que posteriormente deu continuidade ao projeto em seu mestrado na mesma área. Nessa fase inicial, foram realizadas as primeiras etapas de engenharia de requisitos, validação e o início do desenvolvimento da ferramenta. Com o tempo, novos interessados se juntaram à equipe, e os papéis foram atribuídos de acordo com a afinidade e o conforto de cada membro em relação às áreas de atuação, com um desenvolvedor focado no *front-end* e outro no *back-end*. Essa divisão de responsabilidades, relacionada à *stack* de desenvolvimento, foi feita para proporcionar uma inserção mais tranquila no projeto, mantendo a flexibilidade para que os membros pudessem atuar em outras áreas conforme surgissem novas demandas.

Ao longo do projeto, novos integrantes se juntaram à equipe, enquanto outros saíram. Atualmente, o time conta com quatro estudantes de graduação em Engenharia de Software e um estudante de mestrado. A composição atual da equipe é a seguinte: dois membros dedicados ao desenvolvimento *front-end*, sendo que um está em fase de treinamento, um responsável pelo *back-end*, um encarregado pela garantia de qualidade e um gerente de projeto.

2.3. Produto Mínimo Viável

O sistema projetado visa atender a diversos usuários, incluindo administradores, técnicos e clientes, oferecendo funcionalidades como cadastro de usuários e projetos, gestão de licenças, condicionantes e protocolos, além de *dashboards* e relatórios automatizados.

A arquitetura de software foi estruturada com microserviços para futura escalabilidade, onde o *front-end* e o *back-end* se comunicam através de um serviço de *gateway*,

utilizando Node.js, Prisma ORM (Mapeamento Objeto-Relacional) e Next.js com Material UI no *front-end*.

Para o desenvolvimento, foram utilizadas ferramentas como Visual Studio Code, Git para controle de versão, Vercel e DigitalOcean para *deployment*, e Cloudflare para hospedagem de domínio. O modelo de dados foi concebido com o Prisma ORM, abrangendo entidades como usuários, projetos, licenças, condicionantes e protocolos, com um diagrama ER refletindo a estrutura do banco de dados utilizado.

Este conjunto de decisões e implementações visa não apenas atender aos requisitos atuais do sistema, mas também preparar o ambiente para futuras expansões e melhorias à medida que novas funcionalidades e demandas surgirem ao longo do desenvolvimento e uso da ferramenta.

3. Evolução do Software

O desenvolvimento da evolução da ferramenta seguiu o planejamento proposto pelos estudos realizados em sua fase inicial, conforme registrado por [Ribeiro et al. 2023], de acordo com as adições documentadas por [Ribeiro et al. 2024] e com as necessidades da empresa parceira. A seção a seguir fornece uma análise detalhada da evolução do MVP inicial documentada por [Ribeiro et al. 2024]. Toda a documentação desenvolvida para a ferramenta foi disponibilizada em um repositório, e uma *wiki* foi criada para facilitar a navegação interativa dessa documentação³. Esta seção descreve as principais adições e modificações implementadas no MVP durante o processo de desenvolvimento. Documentamos as funcionalidades incorporadas, as melhorias realizadas e os ajustes necessários para atender às necessidades dos usuários. Além disso, discutimos o impacto dessas evoluções na eficiência e usabilidade do sistema, bem como as metodologias adotadas para garantir a evolução contínua e sustentável do produto.

3.1. Processo de Desenvolvimento

No processo de desenvolvimento das novas funcionalidades evolutivas da ferramenta, foram realizadas reuniões semanais regulares com a empresa parceira para receber *feedbacks* sobre a qualidade das funcionalidades em desenvolvimento e apresentar as funcionalidades recém-desenvolvidas.

O processo seguiu um cronograma em que os desenvolvedores estabeleciam uma estimativa para a entrega das atividades, e o tempo de entrega era validado com o registro das datas de início e fim do desenvolvimento. Foram definidas *sprints* de duas semanas, e as tarefas foram divididas entre as *sprints*; ao final de cada *sprint*, as tarefas eram movidas para a fase de testes.

O fluxo de desenvolvimento seguiu um procedimento padrão, no qual o desenvolvedor criava uma *branch* a partir uma *issue* originada por um *bug* relatado pela empresa parceira ou pela Garantia de Qualidade, ou por uma nova funcionalidade em forma de um *card* no quadro. Após a conclusão do desenvolvimento, era feito um *Pull Request* para a *branch* de desenvolvimento. Após a verificação da funcionalidade pelo gerente de projeto, ocorria o *merge* para a *branch* de produção, permitindo que a empresa parceira testasse e utilizasse a nova funcionalidade. No caso de *bugs* críticos, o *Pull Request* era

³<https://github.com/ESG-Project/documentation/wiki>

feito diretamente para a *branch* de produção, e posteriormente era realizado um *rebase*. A Figura 1 ilustra melhor esse processo.

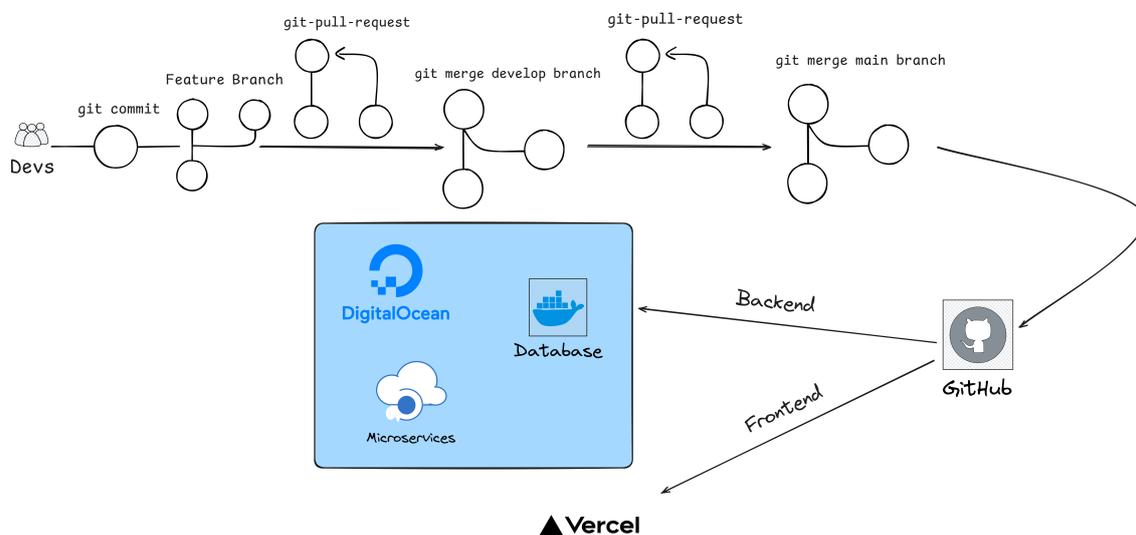


Figura 1. Processo de Desenvolvimento Adotado.

3.2. Validação de Funcionalidades

De forma adicional ao processo de desenvolvimento (Seção 3.1), o processo de validação de funcionalidades desempenhou um papel fundamental, em que foi possível identificar diversos *bugs* que não haviam sido detectados em outras etapas, erros relacionados à responsividade das telas, validação de entradas, erros de requisição e também erros cosméticos, além de oportunidades de melhorias no sistema. Esses testes proporcionaram uma visão mais abrangente do comportamento da aplicação em ambiente real, permitindo a validação de cenários complexos e a identificação de falhas em funcionalidades interdependentes. Com isso, refinamos tanto o código-fonte quanto o processo de desenvolvimento, garantindo uma entrega mais robusta e alinhada às expectativas do usuário.

3.3. Análise e Projeto

No início do desenvolvimento da ferramenta, foi essencial tomar algumas Decisões de Projeto (DP). Essas decisões estratégicas incluíram a escolha das tecnologias a serem utilizadas, a definição da arquitetura do sistema, a identificação dos principais componentes do sistema e a estratégia de implementação. Cada uma dessas decisões foi considerada levando em conta os requisitos do projeto, as limitações de recursos e o objetivo final do sistema a ser desenvolvido. Essas decisões iniciais estabeleceram a base sobre a qual todo o projeto foi construído, garantindo que a direção técnica e estratégica estivesse bem alinhada desde o início.

A maioria das decisões de design já foi descrita por [Ribeiro et al. 2024], que detalhou vários aspectos para o desenvolvimento do MVP. À medida que o projeto progrediu, tornou-se necessário tomar novas decisões de design para a evolução da ferramenta.

DP1. Escopo da Evolução: As histórias de usuários incluídas no escopo da evolução são US12, US13, US14, US15, US16, US17, US18, US19, US20, US21, US22,

US23, US24 e US29, conforme descrito na Tabela 1 na Seção 3.4. Essas histórias foram selecionadas e alinhadas com as demandas da empresa parceira para atender ao cronograma até o TCC 2 dos desenvolvedores;

DP2. Testes: Devido à adição de um novo membro à equipe do projeto, na qualidade de voluntário de iniciação científica, decidiu-se automatizar os testes nas funcionalidades já desenvolvidas, visando implementar um processo de Desenvolvimento Orientado a Testes (TDD) em um futuro próximo;

DP3. Processo: Para melhorar a produtividade da equipe e definir claramente as atividades, decidiu-se que o desenvolvimento deveria ser dividido em *sprints* de duas semanas;

DP4. Documentação: Para documentar o projeto e facilitar o desenvolvimento de novas funcionalidades, foram gerados documentos de especificação de requisitos, que seriam vinculados à descrição de cada atividade.

3.4. Requisitos

De acordo com [Wieggers and Beatty 2013], os requisitos de sistemas de software estão em constante mudança. Alinhado a essa afirmação, à medida que as reuniões semanais com a empresa parceira foram realizadas, novas ideias, necessidades e especificações de requisitos foram discutidas para garantir que o desenvolvimento do sistema estivesse alinhado com as reais necessidades dos usuários finais. O resultado obtido a partir dos estudos previamente conduzidos, alinhado às necessidades da parceira, levou a uma nova versão da lista de requisitos, documentada na forma de histórias de usuário. Além disso, as especificações de requisitos foram registradas em formato de tabela. As histórias de usuário e suas classificações são apresentadas na Tabela 1. Cada uma das histórias de usuário se tornou múltiplas tarefas durante a *sprint*. A coluna de status mostra o que já foi implementado e o que ainda está pendente de implementação. As classificações são definidas da seguinte forma:

- **MVP:** requisitos definidos para compor o MVP;
- **Produto:** engloba os requisitos definidos para que a ferramenta tenha potencial de mercado consolidado;
- **Inovação:** um conjunto de funcionalidades definidas como diferencial de mercado para a ferramenta;
- **Incremental:** requisitos que estão em constante evolução à medida que novas funcionalidades são implementadas.

3.5. Resultados

O desenvolvimento da ferramenta está em andamento, e os resultados até o momento, obtidos por meio de *feedback* periódico, mostram melhorias relevantes. Em termos de usabilidade, a satisfação dos usuários aumentou, e as mudanças na interface foram bem aceitas pelos usuários finais. Das histórias de usuário selecionadas (US12 a US24 e US29), cerca de 42,8% foram implementadas e testadas com sucesso. Foram identificados seis *bugs*, três no *front-end* e três no *back-end*, todos resolvidos prontamente, melhorando a estabilidade do sistema. A automação de testes detectou problemas precocemente, reduzindo defeitos em produção, e a documentação detalhada assegurou a consistência do desenvolvimento.

Os resultados indicam sucesso na evolução da ferramenta, com melhorias em:

Tabela 1. Histórias de Usuários

ID	História de Usuário	Classificação	Status
US01	Como usuário, quero acessar e manter meu perfil.	MVP	Concluído
US02	Como administrador, quero gerenciar os técnicos da minha empresa.	MVP	Concluído
US03	Como técnico, quero gerenciar os clientes da minha empresa.	MVP	Concluído
US04	Como técnico, quero gerenciar os projetos de cada cliente da minha empresa.	MVP	Concluído
US05	Como técnico, quero gerenciar a localização de cada projeto por mapa.	MVP	Concluído
US06	Como técnico, quero gerenciar as licenças ambientais de cada projeto.	MVP	Concluído
US07	Como técnico, quero gerenciar as condicionantes de cada licença.	MVP	Concluído
US08	Como técnico, quero gerenciar os protocolos de cada projeto.	MVP	Concluído
US09	Como técnico, quero gerenciar os escritórios de cada projeto.	MVP	Concluído
US10	Como técnico, quero gerenciar os anexos de cada escritório.	MVP	Concluído
US11	Como técnico, quero receber notificações por e-mail sobre vencimentos futuros e pendentes relacionados aos projetos da minha empresa.	MVP	Concluído
US12	Como técnico, quero visualizar um resumo dos vencimentos futuros e pendentes através do sistema.	Produto	Concluído
US13	Como administrador, quero gerenciar parâmetros no sistema (ex.: consumo de combustível por litro do meu carro, preço da gasolina, taxa de imposto).	Produto	Concluído
US14	Como administrador, quero gerenciar os produtos oferecidos pela empresa para preenchimento de propostas comerciais.	Produto	Concluído
US15	Como técnico, quero gerenciar as propostas comerciais de cada cliente.	Produto	Concluído
US16	Como técnico, quero gerar o documento de cada proposta comercial a ser enviado ao cliente.	Produto	Concluído
US17	Como técnico, quero marcar a proposta comercial como aceita ou rejeitada.	Produto	Concluído
US18	Como gerente financeiro, quero gerenciar transações financeiras no sistema (ex.: valores a receber, valores recebidos e despesas).	Produto	Pendente
US19	Como gerente financeiro, quero visualizar um resumo das informações financeiras do mês atual.	Produto	Pendente
US20	Como gerente financeiro, quero visualizar um calendário com as transações programadas para cada dia do mês.	Produto	Pendente
US21	Como gerente financeiro, quero visualizar uma lista de todos os projetos da empresa.	Produto	Pendente
US22	Como gerente financeiro, quero acessar as informações financeiras de um projeto específico.	Produto	Pendente
US23	Como gerente financeiro, quero gerar as transações financeiras de cada proposta comercial aceita.	Produto	Pendente
US24	Como técnico, quero realizar a análise fitossociológica de cada projeto.	Produto	Pendente
US25	Como técnico, quero gerenciar o estudo de viabilidade de cada projeto.	Inovação	Pendente
US26	Como técnico, quero gerenciar o manejo florestal de cada projeto.	Inovação	Pendente
US27	Como técnico, quero gerenciar o levantamento e monitoramento da flora de cada projeto.	Inovação	Pendente
US28	Como técnico, quero gerenciar o levantamento e monitoramento da fauna de cada projeto.	Inovação	Pendente
US29	Como técnico, quero gerenciar documentos de cada projeto por meio de links para acesso a um repositório público externo.	Inovação	Pendente
US30	Como técnico, quero gerenciar o registro fotográfico de cada projeto.	Inovação	Pendente
US31	Como técnico, quero gerenciar o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) de cada projeto.	Inovação	Pendente
US32	Como técnico, quero gerenciar a topografia de cada projeto.	Inovação	Pendente
US33	Como técnico, quero trocar mensagens através do sistema.	Inovação	Pendente
US34	Como técnico, quero gerenciar as inspeções de cada projeto.	Inovação	Pendente
US35	Como técnico, quero visualizar um <i>dashboard</i> com dados estatísticos gerais sobre os projetos.	Incremental	Pendente

Usabilidade e Desempenho: A satisfação dos usuários e a estabilidade do sistema melhoraram, confirmando a eficácia das novas funcionalidades e correções;

Conformidade com o Plano: O percentual de funcionalidades implementadas está de acordo com o cronograma, demonstrando a eficácia da metodologia de desenvolvimento;

Eficiência do Processo: Testes automatizados e documentação detalhada facilitaram a identificação de problemas e melhoraram o trabalho da equipe.

A evolução da solução é positiva, com melhorias na usabilidade, desempenho e funcionalidade, sustentadas pela abordagem de desenvolvimento adotada.

4. Considerações Finais

A evolução da ferramenta apresentada neste estudo demonstrou melhorias significativas em usabilidade, estabilidade e eficiência no desenvolvimento. A implementação de novas funcionalidades, combinada com a automação de testes e a documentação detalhada, contribuiu para um progresso sólido do projeto, alinhado com as expectativas dos usuários finais. Para o futuro, sugerimos as seguintes direções de pesquisa:

Expansão de Funcionalidades: Continuar o desenvolvimento de novas funcionalidades que possam atender a outras necessidades identificadas durante o uso da ferramenta, em alinhamento com o desenvolvimento planejado das histórias de usuários, incluindo a incorporação de tecnologias emergentes;

Melhorias na Automação de Testes: Ampliar a cobertura dos testes automatizados, especialmente para cenários mais complexos, a fim de reduzir ainda mais os defeitos em produção, visando suprir a necessidade de garantir maior eficiência e precisão na detecção de falhas, além de proporcionar mais agilidade nas futuras iterações de desenvolvimento, assegurando a qualidade do sistema de forma contínua;

Análise de Impacto e Eficiência: Conduzir estudos detalhados de impacto para avaliar a eficiência das metodologias aplicadas na evolução da ferramenta e explorar novas técnicas de desenvolvimento ágil;

Avaliações de Usabilidade do Sistema: Realizar avaliações sistemáticas de usabilidade com um grupo diversificado de usuários para identificar áreas de melhoria contínua e validar a interface e experiência do usuário;

Conduzir Múltiplos Estudos de Caso: Ampliar a pesquisa realizando estudos de caso em diferentes organizações para avaliar a aplicabilidade e a eficácia da ferramenta em diversos contextos empresariais.

Apesar dos avanços alcançados, esta pesquisa apresenta algumas limitações:

Escopo Restrito: A pesquisa focou em um conjunto específico de funcionalidades e melhorias para a empresa parceira, limitando o escopo das conclusões para outros contextos ou empresas;

Testes Limitados: Embora tenha havido progresso na automação de testes, esta começou tardiamente no processo de desenvolvimento, de modo que a cobertura ainda abrange as funcionalidades iniciais do sistema e não acompanha completamente as novas funcionalidades, o que pode permitir que alguns defeitos em cenários menos frequentes ou complexos não sejam detectados;

Dependência de *Feedback* de Usuários: A evolução da ferramenta foi fortemente guiada pelo *feedback* dos usuários da empresa parceira, o que pode limitar a generalização dos resultados para outros contextos ou tipos de usuários.

Essas limitações destacam a necessidade de pesquisas futuras para expandir e validar os achados em diferentes cenários e com uma base de usuários mais ampla.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERGS (Projeto 22/2551-0000841-0) e à UNIPAMPA (Chamada Interna 03/2024 - INOVABOLSAS 2024) pelo apoio ao trabalho conduzido.

Referências

- Bazzotti, C. and Garcia, E. (2006). A importância do sistema de informação gerencial na gestão empresarial para tomada de decisões. *Ciências Sociais aplicadas em revista*, 6(11).
- Claver, E., Lopez, M. D., Molina, J. F., and Tari, J. J. (2007). Environmental management and firm performance: A case study. *Journal of environmental Management*, 84(4):606–619.
- Clemente, W., Nogueira, I., Ribeiro, R., Rodrigues, E., and Bernardino, M. (2023). Análise qualitativa de ferramentas esg para um modelo de funcionalidades: Um estudo da literatura cinza. In *Anais da VII Escola Regional de Engenharia de Software*, pages 61–69, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Dotti, A., Valejo, P. A. P., and Russo, M. R. (2012). Licenciamento ambiental na piscicultura com enfoque na pequena propriedade: uma ferramenta de gestão ambiental. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 3(1):6–16.
- Gomes, L. P., Caetano, M. O., Brand, S. M., Dai-Prá, L. B., and Pereira, B. N. (2023). Maintenance of an environmental management system based on iso 14001 in a brazilian private university, seeking sustainable development. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 24(2):361–381.
- Mahmud, I., Ramayah, T., and Kurnia, S. (2017). To use or not to use: Modelling end user grumbling as user resistance in pre-implementation stage of enterprise resource planning system. *Information Systems*, 69:164–179.
- Paludo, R. (2018). Gestão ambiental consorciada de municípios como ferramenta do licenciamento ambiental no médio vale do itajaí.
- Prodanov, C. and De Freitas, E. (2013). *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição*. Editora Feevale.
- Ribeiro, R., Bernardino, M., Clemente, W., Nogueira, I., Rodrigues, E., and Basso, F. (2024). Towards a minimum viable product for environmental management system: A case study. In *Proceedings of the 20th Brazilian Symposium on Information Systems, SBSI '24*, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Ribeiro, R., Clemente, W., Nogueira, I., Rodrigues, E., and Bernardino, M. (2023). Avaliação das funcionalidades de softwares de auxílio à empresas de gestão e consultoria ambiental: Um survey. In *Anais da VII Escola Regional de Engenharia de Software*, pages 70–79, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Wieggers, K. E. and Beatty, J. (2013). *Software Requirements*. Microsoft Press, Redmond, WA, 3rd edition.