

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA AUXILIAR NA TOMADA DE DECISÃO NO PROCESSO DE TRATAMENTO INDIVIDUALIZADO DE ESGOTO EM ÁREAS RURAIS

*Marcio de Godoi Junior¹ ; Liane de Moura Fernandes Costa² , Diorgines Mattos Machado³ , Luiz
Henrique Rosa da Silva⁴ & Patricia Darolt de Costa⁵*

Abstract: Basic sanitation in rural areas remains one of the major structural challenges in Brazil, especially due to the lack of solutions adapted to local realities and the difficulty in accessing technical information for selecting appropriate technologies. In response to this scenario, this work presents the development of a mobile application to support decision-making in the process of individualized wastewater treatment in communities with limited infrastructure. The proposal was structured based on a binary decision tree, guided by the E2SI methodology and by guidelines established by institutions such as FUNASA and UNICAMP. The application was developed using hybrid technologies such as React Native, SQLite, and expo-print, enabling offline operation, PDF export of results, and broad accessibility. The interface was designed to be user-friendly, contributing to digital inclusion for populations with limited access to technology. To validate the system, simulations were conducted in four locations within the municipality of Forquilha/SC, considering variables such as soil type, water usage, and agricultural practices. The results demonstrated a high level of consistency between the application's recommendations and the technologies expected based on technical guidelines. The tool proved effective in providing automated and locally adaptable support, representing a promising solution to expand access to information in rural contexts. Future work includes the integration of georeferencing features and the execution of field tests with real users to validate the tool's practical application.

Resumo: O saneamento básico em áreas rurais ainda representa um dos maiores desafios estruturais no Brasil, especialmente pela ausência de soluções adaptadas à realidade local e pela dificuldade de acesso à informação técnica para escolha de tecnologias adequadas. Diante desse cenário, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um aplicativo móvel de apoio à tomada de decisão no processo de tratamento de esgoto individualizado em comunidades com infraestrutura limitada. A proposta foi estruturada com base em uma árvore de decisão binária, orientada na metodologia E2SI e em diretrizes estabelecidas por órgãos como a FUNASA e a UNICAMP. A aplicação foi desenvolvida utilizando tecnologias híbridas, como React Native, SQLite e expo-print, o que permite seu funcionamento off-line, exportação de resultados em PDF e ampla acessibilidade. A interface foi desenvolvida para ser acessível, contribuindo com a inclusão digital de populações com acesso limitado à tecnologia. Para validação do sistema, foram simulados cenários em quatro localidades do

1) Estudante de Ciência da Computação na Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc), marciojrgodoi@gmail.com;

2) Engenheira Ambiental e Civil, Mestre em Tecnologia e Recursos Hídricos pela UnB, Analista de Sistemas Ambientais na Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb), lianeuft@gmail.com;

3) Doutorando e Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEM / UNESC), diorginesmattos@unesc.net;

4) Engenheira Ambiental pela Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). CEO da empresa Azteca Software;

5) Engenheira Ambiental, empresa Azteca Software.

município de Forquilha/SC, considerando variáveis como tipo de solo, uso da água e práticas agrícolas. Os resultados obtidos demonstraram alta coerência entre as recomendações do aplicativo e as tecnologias esperadas com base nas diretrizes técnicas. A ferramenta mostrou-se eficaz em fornecer suporte automatizado e adaptável às condições locais, sendo uma solução promissora para ampliar o acesso à informação em contextos rurais. Os trabalhos futuros incluem a inclusão de georreferenciamento e a realização de testes com usuários reais para validação prática em campo.

Palavras-Chave – Saneamento rural, esgotamento sanitário, universalização do saneamento.

INTRODUÇÃO

O acesso ao saneamento básico ainda representa um dos maiores desafios enfrentados pelas populações que vivem em áreas rurais no Brasil. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), mais de 23 milhões de brasileiros residem nessas regiões, sendo que grande parte dessas comunidades depende de soluções precárias e improvisadas para o tratamento de esgoto, como fossas rudimentares. Essa realidade contribui significativamente para a propagação de doenças de veiculação hídrica e para a degradação ambiental, evidenciando a urgência de soluções técnicas acessíveis e adaptadas às especificidades locais.

A complexidade na escolha de tecnologias adequadas para o tratamento de esgoto em contextos rurais decorre de múltiplos fatores, como a dispersão geográfica das moradias, a escassez de investimentos públicos e a limitação no acesso à informação técnica. Embora existam diretrizes nacionais, como a Lei nº 11.445/2007 e o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), ainda há uma lacuna significativa na efetivação de soluções sustentáveis e de fácil implementação. Nesse cenário, ferramentas de apoio à decisão tornam-se essenciais para orientar a seleção de tecnologias sanitárias, especialmente em locais com infraestrutura digital limitada.

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um aplicativo móvel como ferramenta de apoio à tomada de decisão no processo de escolha de tecnologias de esgotamento sanitário individualizado em áreas rurais. A solução é baseada na metodologia E2SI (Escolha de Esgotamento Sanitário Individualizado) (COSTA *et al.*, 2021), estruturada em um fluxograma de perguntas binárias que considera critérios técnicos, ambientais e sociais. O aplicativo foi desenvolvido com tecnologias híbridas, como React Native e SQLite, permitindo seu funcionamento offline e a geração de relatórios técnicos em formato PDF. A proposta visa promover a inclusão digital, ampliar o acesso à informação técnica e contribuir para a universalização do saneamento básico em comunidades com infraestrutura limitada.

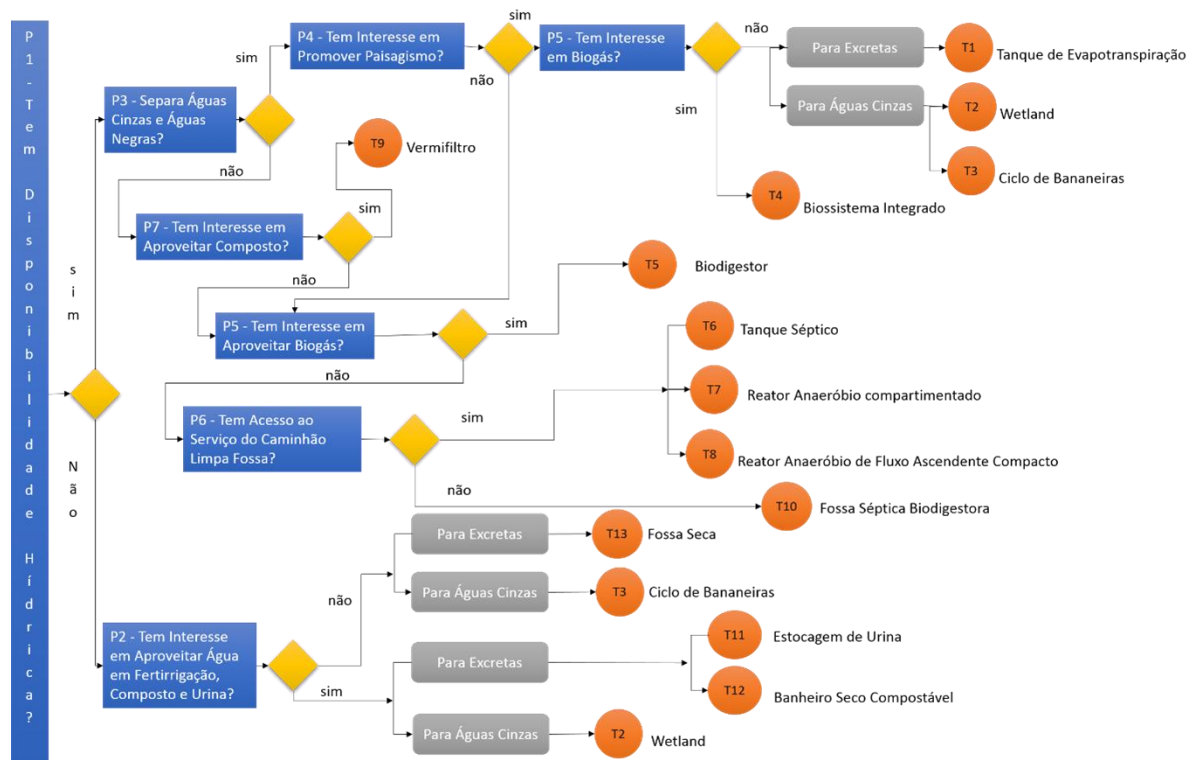
METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, com abordagem qualitativa e tecnológica, cujo objetivo principal foi o desenvolvimento de um aplicativo móvel de apoio à tomada de decisão para o tratamento de esgoto em áreas rurais. A metodologia adotada foi dividida em duas etapas principais: (1) levantamento bibliográfico e (2) desenvolvimento do sistema computacional.

1. Levantamento Bibliográfico

A primeira etapa consistiu na análise de publicações científicas, documentos técnicos e diretrizes legais relacionadas ao saneamento rural. Foram consultadas fontes como o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), a EMBRAPA e o guia técnico de Tonetti *et al.* (2018), com o objetivo de identificar critérios técnicos, ambientais e sociais relevantes para a escolha de tecnologias de esgotamento sanitário individualizado. A partir desse levantamento, foi selecionada a metodologia E2SI (Escolha de Esgotamento Sanitário Individualizado), estruturada em um fluxograma de perguntas binárias (sim/não), como base lógica para o sistema.

Figura 1 - Fluxograma para orientação das tecnologias individualizadas de esgotamento sanitário. Fonte: Costa et al., 2021.

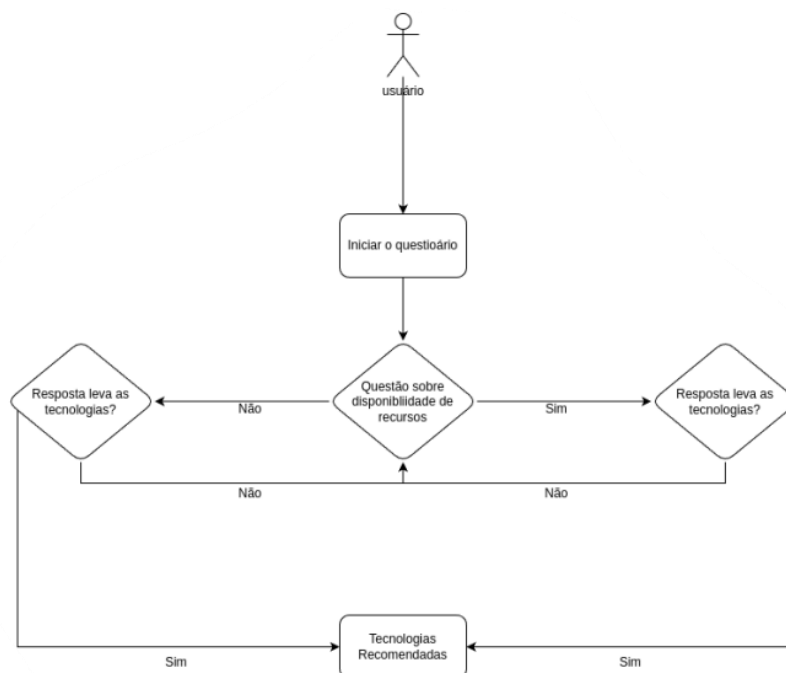


2. Desenvolvimento do Aplicativo

A segunda etapa envolveu a construção do aplicativo utilizando tecnologias híbridas, com foco em acessibilidade, usabilidade e operação offline. O desenvolvimento seguiu uma abordagem iterativa baseada em metodologias ágeis, com as seguintes fases:

- **Análise de Requisitos:** Foram definidos os requisitos funcionais (fluxo de perguntas, recomendação de tecnologias, exportação de resultados) e não funcionais (acessibilidade, operação offline, interface intuitiva). A Figura 2 apresenta a jornada do usuário dentro da aplicação, evidenciando as etapas de navegação entre as perguntas e a obtenção das recomendações personalizadas.

Figura 2 – Jornada do usuário no Aplicativo.



- **Codificação:** O aplicativo foi desenvolvido com o framework React Native (versão 0.76.6), utilizando SQLite para armazenamento local e o módulo expo-print para geração de relatórios em PDF. A lógica de decisão foi implementada como uma árvore binária, baseada nas perguntas do fluxograma E2SI.
- **Interface do Usuário:** A interface foi projetada com foco em usuários com baixo letramento digital, utilizando componentes responsivos, linguagem direta e ícones descritivos. A prototipação foi realizada no Figma e a implementação com a biblioteca Native Base.
- **Validação:** Para validar o sistema, foram simulados cenários reais em quatro localidades do município de Forquilha/SC, considerando variáveis como tipo de solo, uso da água e práticas agrícolas. As recomendações geradas pelo aplicativo foram comparadas com as tecnologias esperadas segundo diretrizes técnicas.

Essa metodologia permitiu o desenvolvimento de uma ferramenta funcional, adaptável e tecnicamente embasada, com potencial para ampliar o acesso à informação e apoiar decisões em contextos rurais com infraestrutura limitada.

RESULTADOS

1. Coerência das Recomendações

Os resultados demonstraram alta consistência entre as tecnologias recomendadas pelo aplicativo e aquelas previstas pelas diretrizes técnicas do Programa Nacional de Saneamento Rural

(PNSR) e da literatura especializada. A Tabela 1 apresenta o cruzamento entre as tecnologias esperadas e as recomendações fornecidas pelo sistema.

Tabela 1 – Comparativo entre tecnologias esperadas e recomendadas pelo aplicativo.

Localidade	Tecnologias Esperadas	Tecnologias Recomendadas pelo App
Sanga do Engenho	Fossa séptica biodigestora; banheiro seco	Fossa séptica biodigestora
Taquara	Wetlands; tanque de evapotranspiração	Wetlands; tanque de evapotranspiração; biossistema integrado
Sanga do Café	Banheiro seco compostável; fossa biodigestora	Círculo de bananeiras
Linha Dondossola	Tanque de evapotranspiração; estocagem de urina	Estocagem de urina; banheiro seco compostável; wetland

As divergências observadas em alguns cenários não comprometeram a coerência técnica das recomendações, mas indicam a flexibilidade do sistema em considerar múltiplos critérios locais. Por exemplo, em Linha Dondossola, a sugestão de tecnologias adicionais, como o wetland, refletiu a adaptação do algoritmo às condições de irrigação e reúso de água localizada.

2. Geração de Relatórios Técnicos

O aplicativo demonstrou capacidade de gerar relatórios técnicos personalizados em formato PDF, contendo descrições das tecnologias recomendadas, orientações de implementação, esquemas gráficos e lista de materiais. Esses documentos podem ser salvos localmente ou impressos, servindo como guias práticos para a implantação das soluções sanitárias.

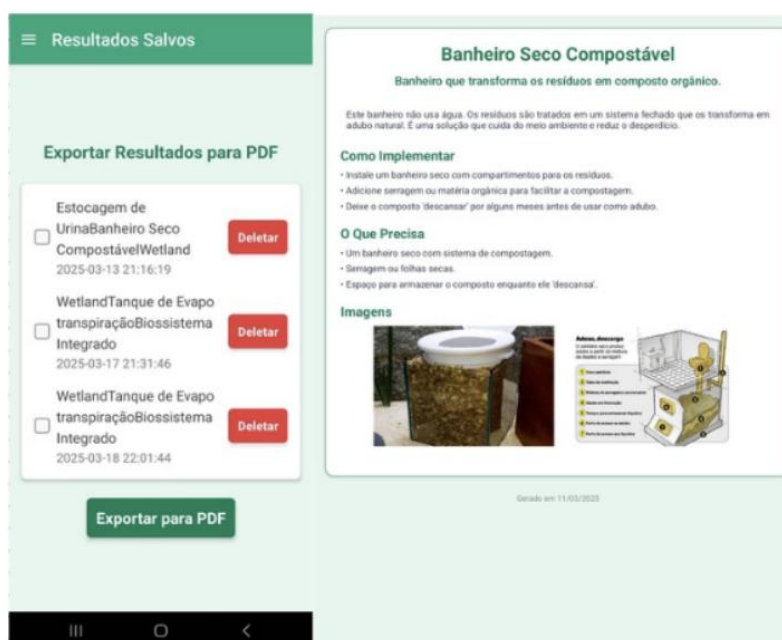
O desenvolvimento do aplicativo a partir de uma estrutura lógica de fluxograma com perguntas binárias (“sim” ou “não”) desenvolve uma recomendação técnica personalizada para um tratamento individualizado de esgoto em áreas rurais ou isoladas com as recomendações técnicas com título, descrição, imagens ilustrativas e orientações práticas (Figura 3). Essa apresentação visual facilita a compreensão e aplicação das soluções, mesmo em contextos com baixa conectividade ou assistência técnica limitada.

Além disso, o sistema permite salvar os dados localmente e gerar um documento em PDF com todas as informações relevantes, utilizando o módulo expo-print (Figura 4). Esse documento serve como material de apoio para consulta futura e pode ser impresso, tornando-se uma ferramenta útil para técnicos e moradores em áreas rurais. A estrutura modular e dinâmica do aplicativo garante flexibilidade e adaptabilidade às diferentes realidades do meio rural.

Figura 3 – Tecnologias recomendadas.



Figura 4 – Resultados salvos em arquivo PDF.



3. Usabilidade e Acessibilidade

A interface do aplicativo foi avaliada quanto à clareza, navegabilidade e acessibilidade. A estrutura baseada em perguntas binárias (sim/não) permitiu uma navegação intuitiva, mesmo para usuários com baixo letramento digital. A operação offline e o armazenamento local dos dados garantiram a funcionalidade do sistema em contextos com conectividade limitada.

A validação do aplicativo desenvolvido foi realizada por meio da simulação de cenários reais em quatro localidades do município de Forquilha, Santa Catarina: Sanga do Engenho, Taquara, Sanga do Café e Linha Dondossola. Essas comunidades foram selecionadas por apresentarem

diferentes características ambientais, práticas agrícolas e condições de infraestrutura sanitária, permitindo avaliar a adaptabilidade e a coerência das recomendações geradas pelo sistema.

CONCLUSÃO

O desenvolvimento do aplicativo integrou programação, design de interface e lógica decisória para criar uma ferramenta funcional, acessível e adaptada à realidade de comunidades com infraestrutura limitada, promovendo o acesso à informação técnica de forma democrática.

A arquitetura do sistema foi baseada em uma árvore de decisão programável, que orienta o usuário por meio de perguntas simples até uma recomendação técnica personalizada. O uso de tecnologias como React Native, SQLite e expo-print permitiu o funcionamento offline, o armazenamento local de dados e a geração de relatórios em PDF, tornando o aplicativo útil mesmo em locais com baixa conectividade. A lógica booleana adotada automatizou o processo de seleção de soluções sanitárias, mantendo a coerência com diretrizes técnicas reconhecidas.

As simulações realizadas em quatro localidades do município de Forquilha/SC demonstraram a eficácia do sistema. Em cenários como Sanga do Engenho e Taquara, as recomendações do aplicativo coincidiram com as soluções esperadas, enquanto em outras localidades, como Sanga do Café e Linha Dondossola, as sugestões refletiram a adaptabilidade do algoritmo às condições locais. Mesmo com variações pontuais, todas as recomendações mantiveram alinhamento com as normas técnicas, evidenciando a robustez da lógica implementada.

Como perspectivas futuras, o trabalho propõe o aprimoramento da estrutura de dados para permitir atualizações dinâmicas sem necessidade de recompilação, além da integração de recursos de georreferenciamento. Também se sugere a realização de testes em campo com usuários reais, como técnicos e moradores, para avaliar a usabilidade e o impacto prático da ferramenta na tomada de decisão. Essas melhorias visam ampliar ainda mais a aplicabilidade e a eficácia do aplicativo em contextos rurais diversos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 09 NOV 2019.

COSTA, L. M. F.; SILVA, H. S.; MELO, S. A. F.; SILVA, T. S. *Ferramenta Eletrônica de Apoio a Decisão E2SI – Escolha de Esgotamento Sanitário Individualizado*. In: ABES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 31º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Fortaleza, Brasil, 2021. Forma de apresentação:

Pôster, Eixo XII - Saneamento Rural, Subeixo 01 - Outros, Código do trabalho: 1024, Código do agendamento: ST-337.

FUNASA. Programa Nacional de Saneamento Rural. Brasília: Funasa, 2019. 260 p. ISBN 978-85-7346-065-0. Disponível em: https://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL_PNSR_2019.pdf.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo Demográfico, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/22827-censo-demografico-2022.html>

Tonetti, Adriano Luiz. Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. /Ana Lucia Brasil, Francisco José Peña y Lillo Madrid, et al. Campinas, SP.: Biblioteca/Unicamp, 2018.