

Desenvolvimento de Dashboard Web Para Validar Filtragem de Emissões Gasosas em Unidades de Compostagem

Adriano Eloy Justino da Silva¹, Leonardo Pessoa Vieira Lima¹,
Maria Luiza Santana de Souza¹, Samara Janaína Silva de Melo¹,
Ana Paula Souza Silva¹, Rebeca Beatriz de Luna Oliveira Silva¹,
Lee Soares Suassuna¹, Aida Araújo Ferreira¹, Gilmar Gonçalves de Brito¹,
Romero Barbosa de Assis¹, Sofia Suely Ferreira Brandão¹,
Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa¹, Vânia Soares de Carvalho¹

¹ Grendes & Labgeo – Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE)
Campus Recife – Cidade Universitária, Recife, PE, Brasil – 50740-545
{aejs, lpvl, apps7, rbls, mlss12, sjsm, lss53}
@discente.ifpe.edu.br,
{aidaferreira, romeroassis, gilmarbrito,
ionarameh, sofiabrandao, vaniacarvalho}@recife.ifpe.edu.br

Abstract. *The management of gas emissions poses a significant technical and social challenge for composting operations. Straw biofilters offer an economical solution, but their efficiency requires validation. This article introduces a web-based dashboard, integrated with an IoT system, for the real-time monitoring of gases such as NH_3 , CH_4 , and CO_2 before and after passing through the filter. Developed using principles of Collaborative Systems and Design Thinking, the tool allows operators and researchers to collectively assess the measure's viability. The provided data transparency not only validates the biofilter as an environmental technology but also improves collaborative analysis of its impacts, fostering more coordinated management.*

Resumo. *O gerenciamento da emissão de gases é um grande desafio social e técnico na administração de áreas de compostagem. A utilização de biofiltros feitos de palha surge como uma solução econômica; no entanto, sua eficiência exige validação. Com isso, este artigo introduz um dashboard web integrado a um sistema IoT para monitorar, em tempo real, a presença de gases como NH_3 , CH_4 , CO_2 antes e depois de passarem por um filtro. Elaborado com base em Sistemas Colaborativos e Design Thinking, permite que operadores e pesquisadores verifiquem coletivamente a viabilidade da medida. A transparência dos dados não só valida o biofiltro como tecnologia Ambiental, mas também aprimora a análise grupal dos efeitos ambientais, promovendo um controle coordenado.*

1. Contexto

A compostagem em ambientes urbanos é estratégica na gestão de resíduos orgânicos, visto que viabiliza a transformação de passivos ambientais em fertilizantes que possuem grande valor agrônomico. Entretanto, o processo biológico de decomposição que ocorre nas leiras gera subprodutos gasosos inevitáveis, como o metano (CH_4),

a amônia (NH_3), e o sulfeto de hidrogênio (H_2S), os quais são preocupantes devido ao seu impacto no efeito estufa e também à produção de odores que podem tornar a aceitação da população circundante do local de compostagem mais complexa [Pereira et al. 2024, Di Lucia 2025]. Nesse cenário, este trabalho vincula-se ao projeto de extensão Eco Sniff, desenvolvido no IFPE Campus Recife, que busca integrar conhecimento acadêmico às demandas práticas da sociedade, alinhando-se aos desafios da computação para a construção de ecossistemas sustentáveis.

A aplicação de biofiltros feitos de palha surge como uma solução acessível e bastante eficaz na diminuição de odores [Pereira et al. 2024]. Para que essa estratégia funcione adequadamente, o local de compostagem deixa de ser apenas um local de descarte e acaba sendo uma unidade que necessita de supervisão técnica constante, além de uma equipe capacitada para ajustar o manejo das leiras e realizar a manutenção dos filtros. Essa supervisão é realizada de forma colaborativa com a empresa parceira Lógica Ambiental LTDA, caracterizando uma ação de extensão que promove a troca de saberes entre estudantes, pesquisadores e profissionais do setor ambiental.

A validação da eficiência da medida mitigadora é invisível aos olhos, sendo indispensável a utilização de equipamentos que quantifiquem os gases presentes neste processo. Com isso, a IoT (Internet das Coisas) é utilizada neste contexto para fazer a captura de dados com maior precisão. Além da coleta, surge a necessidade da utilização de um *dashboard web* que atue como uma interface mediadora, visto que os dados captados não são exibidos de forma usual. Portanto, a criação de um *dashboard* auxilia operadores e pesquisadores a visualizarem os resultados da captação dos sensores de forma simultânea e remota, promovendo clareza nas informações e possibilitando que a equipe tome decisões coletivas e planejadas acerca do cenário analisado.

2. Fundamentação Teórica

A fundamentação teórica para a definição dos requisitos deste sistema de monitoramento remoto baseia-se na convergência entre o *Design Thinking*, a teoria dos Sistemas Colaborativos e o conceito de Tecnologia Social.

2.1. Design Thinking e IHC

O conceito de *Design Thinking* [Brown 2008] é visto como uma metodologia que prioriza o ser humano, apoiando-se na percepção do designer para alinhar as necessidades dos usuários com as soluções tecnológicas disponíveis. Essa abordagem é organizada em três fases principais: Imersão, Ideação e Prototipação [Vianna et al. 2012], constituindo um processo iterativo focado no entendimento profundo do contexto de uso. Na elaboração do *dashboard web*, o *Design Thinking* apoia o desenvolvimento de interfaces que enfatizam a clareza das informações, permitindo que dados complexos provenientes de sensores IoT sejam apresentados de forma acessível a diferentes perfis de usuários.

2.2. Sistemas Colaborativos e Mediação

Para além da interface individual, o sistema é compreendido como um Sistema Colaborativo, cujo objetivo é apoiar o trabalho coletivo mediado pela tecnologia. Segundo Pimentel e Fuks [2011], a eficácia de tais sistemas reside na promoção da "consciência de grupo" (*group awareness*), permitindo que os atores envolvidos compreendam as atividades uns dos outros no ambiente compartilhado. No contexto do monitoramento de

gases, o *dashboard* atua como um artefato de mediação que favorece a integração de equipes multidisciplinares e atores externos, como os operadores da unidade de compostagem. Isso permite que o desenvolvimento tecnológico ocorra em simbiose com o conhecimento prático do campo, facilitando a tomada de decisões coordenadas sobre o estado do biofiltro.

2.3. Tecnologia Social e Sustentabilidade

A viabilidade do projeto também se sustenta no conceito de Tecnologia Social, que prevê o desenvolvimento de soluções transformadoras, de baixo custo e passíveis de reaplicação pela comunidade. O projeto reduz a complexidade técnica e financeira associada aos equipamentos tradicionais de monitoramento industrial. Essa abordagem contribui para a democratização do acesso à tecnologia e para o fortalecimento de ecossistemas computacionais éticos, alinhando-se aos Grandes Desafios da Computação no Brasil, especialmente no que tange ao desenvolvimento sustentável e à responsabilidade socioambiental [Fundação Banco do Brasil 2004].

3. Metodologia

Para o desenvolvimento do *dashboard*, foi utilizada a abordagem do *Design Thinking* citada anteriormente. Esta abordagem foi operacionalizada por uma equipe multidisciplinar de estudantes bolsistas e voluntários, abrangendo áreas como desenvolvimento de *software*, eletrônica, química e saúde, o que permitiu uma visão holística sobre o problema ambiental e social tratado. Em primeira instância, na fase de Imersão, foram feitas entrevistas com a equipe da empresa parceira, com intuito de levantar os requisitos funcionais e não funcionais a fim de entender as principais necessidades dos usuários.

A colaboração da Lógica Ambiental LTDA foi determinante nesta etapa, pois a equipe da empresa atuou na transferência de conhecimento sobre a aplicação prática dos filtros de palha e o fluxo completo da compostagem. Além do suporte técnico, a parceria envolveu o fornecimento de equipamentos profissionais para aferição e testabilidade dos sensores desenvolvidos, conforme referenciado na Figura 1, que retrata a calibração dos dispositivos criados pelo projeto com *hardwares* especializados.



(a) Dispositivo de Calibração Ofertado pela Empresa Parceira.



(b) Dispositivo do Projeto Eco Sniff sendo Calibrado.

Figura 1. Calibração do Dispositivo Desenvolvido na Pesquisa.

Para além da construção do *software*, foi necessária a compreensão da dinâmica física dos gases no pátio de compostagem. Conforme ilustrado no Diagrama da Estação

de Tratamento na Figura 2, a solução baseia-se em um sistema de exaustão que direciona os subprodutos gasosos das leiras para uma câmara de tratamento contendo o biofiltro de palha. O posicionamento dos sensores foi planejado de forma estratégica para permitir a validação da medida mitigadora, monitorando os níveis de gases brutos na entrada e os gases remanescentes após a passagem pelo biofiltro.

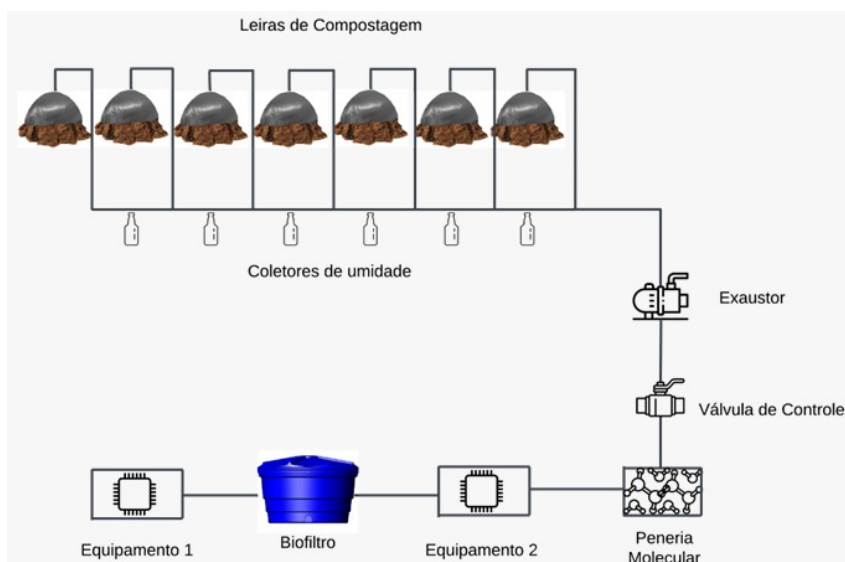


Figura 2. Esquema físico da estação de tratamento e posicionamento dos sensores no biofiltro.

Na fase de Ideação, rascunhos de interface foram realizados para possibilitar a identificação da opção mais legível e simplificada ao visualizar as informações brutas dos sensores. Por último, na etapa de Prototipação, após diversas reuniões realizadas com a equipe de desenvolvimento, foi elaborada uma nova versão do dashboard na Figura 3, em que testes foram aplicados visando a qualidade de visualização e compreensão dos dados captados pelos sensores.

Data/Hora	Umidade	Temperatura	CO ₂ _COV	CH ₄	NH ₃	H ₂ S	N ₂ O
30/01/2026 16:58:07	68 %	27.5 °C	0 ppm	18.68 ppm	0.02 ppm	0.06 ppm	N/A
30/01/2026 16:57:57	69 %	27.5 °C	0 ppm	19.7 ppm	0.02 ppm	0.06 ppm	N/A
30/01/2026 16:57:47	69 %	27.5 °C	0 ppm	21.58 ppm	0.02 ppm	0.05 ppm	N/A
30/01/2026 16:57:37	69 %	27.5 °C	0 ppm	21.74 ppm	0.02 ppm	0.05 ppm	N/A
30/01/2026 16:57:27	69 %	27.5 °C	0 ppm	20.93 ppm	0.02 ppm	0.05 ppm	N/A
30/01/2026 16:57:17	69 %	27.5 °C	0 ppm	19.66 ppm	0.02 ppm	0.04 ppm	N/A
30/01/2026 16:57:07	69 %	27.5 °C	0 ppm	19.98 ppm	0.02 ppm	0.04 ppm	N/A
30/01/2026 16:56:57	69 %	27.5 °C	0 ppm	21.09 ppm	0.02 ppm	0.04 ppm	N/A
30/01/2026 16:56:47	69 %	27.5 °C	0 ppm	21.08 ppm	0.02 ppm	0.04 ppm	N/A

Figura 3. Interface do Dashboard para monitoramento de gases em tempo real.

3.1. Arquitetura e Fluxo de Comunicação IoT

A arquitetura de *software* foi projetada para garantir agilidade na visualização e segurança dos dados, sendo estruturada em camadas que permitem a comunicação assíncrona entre o

hardware e a plataforma web. Conforme ilustrado no Diagrama de Comunicação, Figura 4, o fluxo de informações estabelece uma ponte entre o ambiente físico da compostagem e a interface de monitoramento, operando sob o modelo de mensageria Publicador/Assinante. O processo inicia-se na camada de percepção, onde dispositivos IoT equipados com sensores de gases realizam a captura analógica dos níveis de NH_3 , CH_4 e CO_2 diretamente nas leiras e saídas dos filtros. Esses dados são posteriormente encapsulados em mensagens no formato JSON e publicados em tópicos específicos no Broker Mosquitto¹ através do Protocolo MQTT.

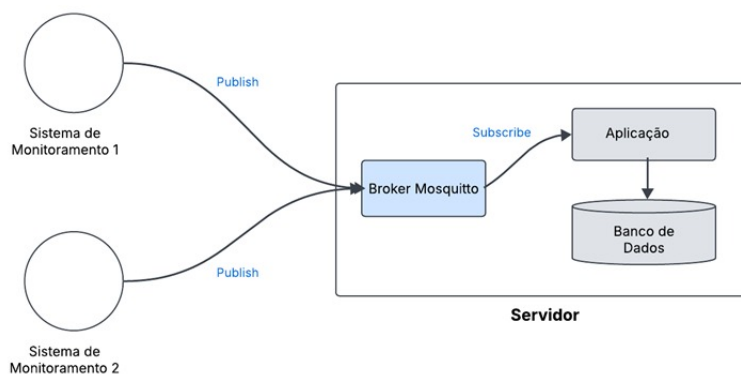


Figura 4. Diagrama de comunicação entre os dispositivos e a Aplicação.

Nesse cenário, o Broker Mosquitto atua como o núcleo de mediação da infraestrutura, gerenciando as conexões e garantindo que as variações nos níveis de gases sejam transmitidas em tempo real, mesmo sob condições de rede instáveis ou restrições de largura de banda no pátio de compostagem. Paralelamente, o sistema *back-end* atua como um assinante (*subscriber*) dedicado aos tópicos do *Broker*. Ao detectar novas publicações ocorre o processamento dos pacotes de dados e realiza a persistência segura no banco de dados relacional PostgreSQL², permitindo a manutenção de um histórico confiável de leituras para análises futuras. Finalmente, a camada de aplicação consome esses dados para alimentar o *dashboard web*, transformando sinais técnicos em informações visuais que possibilitam a tomada de decisões coordenadas entre pesquisadores e operadores.

3.2. Processo de Levantamento de Requisitos

Seguindo os conceitos do *Design Thinking*, a interface gráfica não foi planejada de forma isolada pela equipe de desenvolvimento. O processo de design foi conduzido por meio de entrevistas realizadas diretamente com a equipe da empresa parceira que executa o processo de compostagem. Nesta etapa, a participação de estudantes das áreas de química e saúde foi fundamental para traduzir a periculosidade dos níveis de gases em alertas visuais adequados, garantindo que a interface fosse tecnicamente precisa e socialmente útil. Essas interações foram essenciais para o levantamento de requisitos, visto que os operadores expressaram suas necessidades sobre quais dados precisavam ter uma importância maior e como deveriam ser apresentados, como exemplo alertas visuais com cores para indicar se a quantidade é alarmante ou não. Essa abordagem garantiu que a tecnologia fosse apropriada pelos usuários, transformando o *dashboard* em um objeto de suporte para o grupo de operadores da empresa.

¹<https://mosquitto.org/documentation/>

²<https://www.postgresql.org/docs/>

4. Resultados e Discussões

4.1. Disseminação de Conhecimento e Ações Extensionistas

Para além dos resultados técnicos obtidos com a infraestrutura IoT, o projeto Eco Sniff consolidou-se como um vetor de disseminação de conhecimento dentro e fora do IFPE. O caráter extensionista da iniciativa permitiu que o desenvolvimento do *dashboard* não ficasse restrito ao laboratório, manifestando-se em ações de ensino que integraram diferentes níveis de formação acadêmica. Durante o ciclo de execução, os membros da equipe ministraram oficinas e breves exposições técnicas destinadas a estudantes dos cursos de Análise e Desenvolvimento de Sistemas e Eletrônica, abordando temas como monitoramento ambiental remoto e o uso do protocolo MQTT em cenários de impacto ecológico, como mostrado na Figura 5.



Figura 5. Exposição de trabalhos na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia no IFPE.

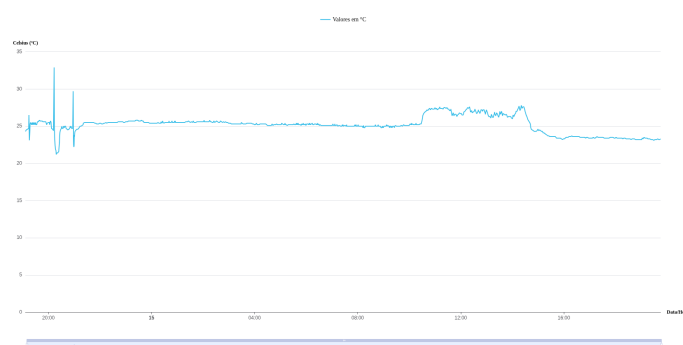
Essas atividades de ensino foram fundamentais para validar a clareza da interface desenvolvida, uma vez que o *dashboard* serviu como material didático para explicar a dinâmica de gases em processos de compostagem. Tais ações evidenciam que a colaboração entre a academia e a empresa parceira Lógica Ambiental LTDA transcende a entrega de um produto *software*, promovendo a democratização da tecnologia e o fortalecimento de ecossistemas computacionais éticos e sustentáveis, conforme preconizado pelos Grandes Desafios da Computação da SBC. Essa integração reafirma o princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, essencial para que a produção científica retorne benefícios diretos à sociedade [FORPROEX 2012].

4.2. Viabilização do Monitoramento e Desafios de Infraestrutura

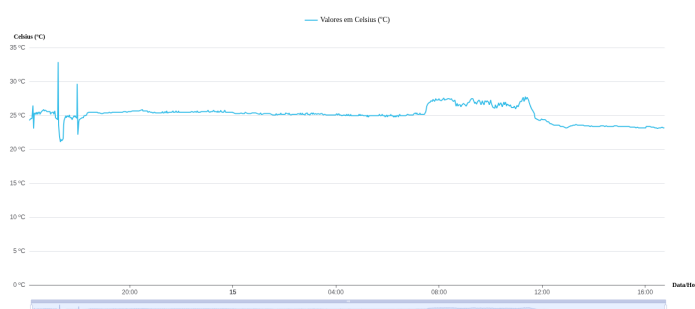
O principal resultado obtido foi a implementação de uma infraestrutura capaz de realizar a persistência e visualização histórica de emissões gasosas no banco de dados PostgreSQL. Entretanto, o ciclo de prototipação revelou desafios intrínsecos ao monitoramento ambiental e à integração de *hardware* de baixo custo. Durante as fases de teste, observou-se

uma significativa instabilidade nos sensores, causada por interferências como oscilações de temperatura, umidade e a saturação dos componentes devido à pressão dos gases. Identificou-se que a degradação química dos sensores exige uma revisão sistemática da infraestrutura e uma calibração prévia de, no mínimo, 24 horas antes das captações, o que impede leituras imediatas e demanda um planejamento operacional rígido.

Embora os testes definitivos para validação estatística da eficácia do biofiltro ainda estejam em execução, o *dashboard* já permite observar variações nos níveis de gases na saída do sistema após a aplicação da medida mitigadora. Neste cenário, a estabilidade do *Broker* MQTT foi fundamental para garantir a transmissão dos dados sem perdas. Para otimizar a visualização dessas informações e garantir a usabilidade da ferramenta colaborativa, foi necessária a aplicação do algoritmo LTTB (*Largest-Triangle-Three-Buckets*) [Steinarsson 2013]. Conforme ilustrado na Figura 6, essa técnica de redução de pontos permitiu preservar os formatos lineares e as tendências visuais nos gráficos históricos, evitando gargalos de renderização na interface.



(a) Dados brutos (2.728 Leituras).



(b) Dados em Downsampled (1.000 Leituras).

Figura 6. Comparação do desempenho dos dados de temperatura antes e depois da aplicação do algoritmo de subamostragem LTTB.

Dessa forma, o sistema cumpre seu papel como ferramenta de suporte à pesquisa aplicada e à tecnologia social. As falhas e os ajustes de *design* realizados demonstram que a viabilização do monitoramento — antes "invisível" — tornou-se um processo quantificável e auditável, equilibrando as limitações do *hardware* com as necessidades reais de visualização e tomada de decisão da equipe multidisciplinar.

4.3. Colaboração entre a Equipe de Pesquisadores e da Empresa Parceira

A aplicação da interface gráfica contribuiu para o diálogo entre os dois grupos envolvidos, como mostra a Figura 7. Para a equipe de pesquisa, o dashboard atuou como uma ferramenta de coleta e análise de dados, auxiliando nos testes de validação da eficácia do biofiltro e na produção de conhecimento científico. Por outro lado, para a equipe responsável pelo pátio de compostagem, o sistema operou como um painel de controle voltado às atividades operacionais do pátio de compostagem. Ao transformar a complexidade dos dados captados pelos sensores em alertas visuais, a interface possibilitou que os operadores compreendessem o estado do filtro e colaborassem com os pesquisadores nas ações de manutenção do sistema.



Figura 7. Visita Técnica a Lógica Ambiental.

5. Conclusão e Lições Aprendidas

O desenvolvimento do dashboard para monitoramento do biofiltro cumpriu o objetivo de integrar a tecnologia IoT à prática cotidiana da compostagem urbana, unindo o rigor técnico da computação à responsabilidade socioambiental. Ao alinhar o *stack* tecnológico às demandas reais da unidade de processamento, o projeto resultou em uma ferramenta de mediação que fortaleceu o vínculo entre o IFPE e a Lógica Ambiental LTDA. Essa sinergia consolidou a iniciativa como uma ação de extensão efetiva, em que a teoria acadêmica, materializada nos diagramas de comunicação e arquitetura apresentados, foi aplicada para resolver um problema concreto, beneficiando a formação dos treze estudantes envolvidos e a operação da empresa parceira.

A principal lição extraída foi a eficácia do *Design Thinking* e da comunicação multidisciplinar na construção de Sistemas Colaborativos. Ficou evidente que o sucesso da solução não residiu apenas na precisão do protocolo MQTT ou na persistência em PostgreSQL, mas na capacidade da interface em democratizar o acesso ao dado para quem atua na ponta do processo. Para os estudantes bolsistas e voluntários, a experiência de transitar entre o desenvolvimento de *software*, a eletrônica e o pátio de compostagem foi fundamental para compreender que a tecnologia deve ser construída em conjunto com seus usuários. Além disso, as atividades de ensino e a exposição em eventos acadêmicos reafirmaram a importância da disseminação do conhecimento, permitindo que o aprendizado técnico circulasse para além dos limites do laboratório.

Em suma, o dashboard proporcionou uma percepção de grupo (*group awareness*), permitindo que pesquisadores e operadores atuassem de forma coordenada na mitigação de gases. O projeto evidenciou que tecnologias sociais de baixo custo, fundamentadas na indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, são viáveis, escaláveis e essenciais para enfrentar os Grandes Desafios da Computação no Brasil, promovendo ecossistemas computacionais mais éticos, inclusivos e sustentáveis.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) pelo apoio financeiro e pela infraestrutura disponibilizada, essenciais para a realização deste trabalho.

7. Uso de Inteligência Artificial Generativa

Em conformidade com as boas práticas de integridade acadêmica e transparência, declara-se que este trabalho utilizou a ferramenta de Inteligência Artificial Generativa ChatGPT (modelo GPT-4) como suporte em etapas específicas da redação. O recurso foi empregado para: (I) revisão gramatical e ajustes de estilo no corpo do texto; (II) auxílio na tradução técnica para a composição do Abstract; e (III) organização preliminar das referências bibliográficas.

Para garantir a qualidade e a confiabilidade das informações, todos os resultados gerados pela IA passaram por uma curadoria humana rigorosa. No caso das citações e referências, os autores realizaram uma verificação manual sistemática em bases de dados científicas (como Google Acadêmico e Scielo) para validar a existência das obras e a precisão das fontes citadas, assegurando que não houvesse a inclusão de referências inexistentes ou imprecisas.

Referências

- Brown, T. (2008). *Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias*. Elsevier, Rio de Janeiro.
- Di Lucia, R. P. A. (2025). Impacto ambiental dos resíduos orgânicos e benefícios da compostagem. *International Integralize Scientific*, 5(46). Accessed: 2026-01-17.
- FORPROEX (2012). Política nacional de extensão universitária. Technical report, Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Instituições Públicas de Educação Superior Brasileiras, Manaus.
- Fundação Banco do Brasil (2004). *Tecnologia Social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Fundação Banco do Brasil, Brasília.
- Pereira, J. L. S., Costa, T., Figueiredo, V., et al. (2024). Influence of different agro-food waste on ammonia and greenhouse gas emissions during composting. *Agronomy*, 14(1):220.
- Pimentel, M. and Fuks, H. (2011). *Sistemas Colaborativos*. Elsevier Brasil, Rio de Janeiro.

Steinarsson, S. (2013). Downsampling time series for visual representation. Master's thesis, University of Iceland, Reykjavík.

Vianna, M., Vianna, Y., Adler, I. K., Lucena, B., and Russo, B. (2012). *Design Thinking: Inovação em Negócios*. MJV Press, Rio de Janeiro.