

Aplicativo para Sistema de Gestão de Compostagem

App for Composting Management System

Gabriel Medeiros¹, Leovani Marcial Guimarães², Guilherme A. B. Marcondes³

¹Instituto Nacional de Telecomunicações, gabriel.medeiros@ges.inatel.br

²Instituto Nacional de Telecomunicações, leovani@inatel.br

³Instituto Nacional de Telecomunicações, guilherme@inatel.br

RESUMO

A gestão eficiente da compostagem é essencial para promover práticas sustentáveis e reduzir o impacto ambiental negativo dos resíduos orgânicos. Este artigo apresenta o desenvolvimento de um aplicativo projetado para otimizar o sistema de gestão de compostagem em uma escala municipal. O aplicativo foi desenvolvido com base em uma pesquisa detalhada das necessidades dos usuários e dos requisitos do sistema. Suas principais funcionalidades incluem um sistema de requisição de coleta de resíduos para os fornecedores de resíduos orgânicos como donos de restaurantes, um sistema de retirada de adubo para os usuários que fazem uso, como agricultores, e um recurso para otimizar a rota da coleta de resíduos para os funcionários da Prefeitura responsáveis pela compostagem. Este estudo fornece uma proposta que pode ser iterada e customizada para se adequar e atender às necessidades e normas de um município.

Palavras-chave: Aplicativo, Compostagem, Gestão de Resíduos, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Efficient compost management is essential for promoting sustainable practices and reducing the negative environmental impact of organic waste. This article presents the development of an application designed to optimize the compost management system on a municipal scale. The application was developed based on detailed research into user needs and system requirements. Its main functionalities include a waste collection request system for organic waste suppliers such as restaurant owners, a compost removal system for users who make use of it, such as farmers, and a feature to optimize the waste collection route for the City Hall employees responsible for composting. This study provides a proposal that can be iterated and customized to suit a municipality's needs and standards.

Keywords: App, Composting, Waste Management, Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A população mundial aumenta de forma contínua e a rápida urbanização acompanha esta tendência, com cerca de dois terços dela vivendo nas cidades até 2025. Em si, a urbanização não é necessariamente um problema, mas o resíduo sólido gerado neste ambiente é um dos maiores desafios para as administrações municipais. (Troschinetz e Mihelcic, 2009; EPA, 2024).

O lixo orgânico representa cerca de 45% do lixo sólido em países como o Brasil (SINIR, 2020). Até há poucos anos, o seu destino era a incineração ou aterros sanitários. Métodos sustentáveis têm sido gradativamente mais empregados na gestão de resíduos, também incentivados por legislação específica sobre o descarte. (Cerdeira et al., 2018; Souza et al., 2020)

Tais métodos incluem processos como compostagem e digestão anaeróbica, que se baseiam na degradação biológica da matéria orgânica. No caso da compostagem, a degradação ocorre de forma aeróbica, gerando um aditivo orgânico utilizável como produto final. Trata-se de um processo eficiente, ambientalmente amigável para gerenciar os resíduos orgânicos e um dos métodos mais antigos de reciclagem. (EPA, 2024)

A compostagem, amplamente utilizada mundialmente e conhecida como o processo de reciclagem do lixo orgânico, transforma a matéria orgânica encontrada no lixo em adubo natural (fertilizante orgânico), que pode ser usado na agricultura, em jardins e plantas, substituindo o uso de produtos químicos. O processo também contribui para a redução do aquecimento global, por não liberar poluentes e por não precisar ser redirecionado a aterros sanitários que emitem gases agravantes do efeito estufa. (EPA, 2024; Boldrin et al., 2009)

Portanto, o gerenciamento ativo do processo de compostagem é fundamental para sua eficácia, que é muito valorizado na gestão de resíduos. Isto ocorre devido a sua robustez e à possibilidade de obter um valor produto com potencial corretivo do solo. (Troschinetz e Mihelcic, 2009; Boldrin et al., 2009)

A tecnologia da informação pode contribuir com o gerenciamento eficaz do sistema de compostagem em um município, pois traz a oportunidade de aprimorá-lo e otimizá-lo por meio de aplicativos especializados (Jayo et al., 2009). É nesse cenário que este trabalho propõe o Composting Manager, um aplicativo de gestão de compostagem desenvolvido para atender as necessidades dos diversos atores envolvidos nesse ciclo: desde os fornecedores de resíduos orgânicos, até os funcionários municipais responsáveis pela coleta e compostagem, e os usuários finais que desejam fazer uso do adubo produzido pela administração municipal.

No restante deste artigo, são abordados os seguintes tópicos: a Seção 2 traz trabalhos relacionados com o tema; na Seção 3 é apresentada a arquitetura do aplicativo desenvolvido; as tecnologias utilizadas no desenvolvimento são apresentadas na Seção 4; as funcionalidades do aplicativo desenvolvido estão descritas na Seção 5; o trabalho é concluído na Seção 6.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Neofotistos et al. (2023) exploram a promoção da bioeconomia circular por meio do engajamento e motivação dos cidadãos na gestão de resíduos urbanos, utilizando um aplicativo móvel. Destacam a valorização eficiente de recursos biológicos renováveis e resíduos em cadeias de produção integradas. Por meio de um estudo de caso na região metropolitana de Attica, Grécia, os autores demonstraram como o envolvimento direto dos cidadãos na coleta de resíduos de laranjas amargas, facilitado por um aplicativo, pode resultar na produção de materiais de alto valor agregado. Os resultados indicam que a participação ativa dos cidadãos, incentivada por sistemas de recompensa, aumenta a conscientização sobre sustentabilidade e integra os resíduos na economia circular, promovendo uma mudança cultural na percepção de resíduos como recursos valiosos.

O trabalho de Pardini et al. (2020) propõe uma solução para a gestão de resíduos baseada na Internet das Coisas (IoT), que visa incluir os cidadãos no processo. A solução compreende hardware, software e comunicação para otimizar a gestão de resíduos, monitorando o nível de enchimento de compartimentos em tempo real, por meio de sensores. Esses dados são armazenados e processados em um middleware IoT, fornecendo informações para a coleta com rotas otimizadas e gerando dados estatísticos importantes. Cidadãos podem acessar informações sobre as lixeiras públicas via *web* ou aplicativo móvel. Um protótipo real do contêiner inteligente foi criado e testado, demonstrando eficiência na gestão de resíduos e otimização de recursos econômicos e materiais. O sistema proposto demonstra a capacidade de melhorar significativamente a forma como os resíduos são gerenciados, promovendo a sustentabilidade e otimizando recursos econômicos e materiais.

Em Monteiro et al. (2021) é apresentada uma abordagem inovadora para a compostagem comunitária inteligente na Estrela UNESCO Global Geopark, utilizando tecnologias móveis e sistemas de informação geográfica. O estudo, conduzido como um projeto de pesquisa em ciência do *design*, visa implementar uma plataforma digital que suporte a economia circular na produção de alimentos locais. O aplicativo desenvolvido facilita a compostagem comunitária

ao conectar produtores urbanos de resíduos orgânicos com recicladores rurais, promovendo práticas sustentáveis e a marca GEOFood. Resultados preliminares indicam que a integração de tecnologias de IoT e dispositivos móveis pode efetivamente apoiar a compostagem em escala regional, contribuindo para a redução de desperdícios e a sustentabilidade ambiental.

Este artigo apresenta o Composting Manager, demonstrando sua funcionalidade e usabilidade. Ao fornecer uma plataforma integrada e intuitiva, o aplicativo visa simplificar e agilizar os processos de coleta, distribuição de adubo e ainda ter o processo de compostagem simplificado, monitorado e avaliado pela administração municipal para ter um melhor controle de qualidade.

3. CICLO DA COMPOSTAGEM

Compostagem é um processo natural que envolve a decomposição de materiais orgânicos e o seu papel na sustentabilidade da gerência do lixo não deve ser ignorado. O ciclo da compostagem é um processo complexo que envolve a decomposição de lixo orgânico em um composto rico de nutrientes para o solo, que não só reduz os problemas de gerenciamento do lixo, mas também promove a agricultura sustentável (EPA, 2024; Cerda et al., 2018; Souza et al., 2020).

Ele começa com a coleta dos resíduos orgânicos, principalmente restos de alimentos, como carne, casca de ovos, folhas, vegetais, entre outros, vindos geralmente de estabelecimentos como restaurantes, padarias e lanchonetes. Após a devida separação e tratamento, estes restos são colocados em um armazenamento junto a componentes aceleradores para criar um ambiente rico em carbono, ideal para atividade microbial. Os organismos vão ser responsáveis pela quebra da matéria orgânica, produzindo calor e dióxido de carbono (EPA, 2024). Após este processo, a atividade microbial começa a desacelerar e o composto começa a se estabilizar, se tornando um húmus rico em nutrientes, capaz de apoiar o crescimento de plantas. A Figura 1 ilustra este ciclo. (Prefeitura de Guraulhos, 2024)



Figura 1. Ciclo da Compostagem (PREFEITURA DE GURAULHOS, 2024)

Os benefícios da compostagem envolvem diversas áreas. Quando se tornam um recurso valioso que pode ser redirecionado para a agricultura, o volume de lixo mandado a aterros sanitários diminui. Pode melhorar a estrutura do solo e mitigar o aquecimento global com a fixação de carbono. Ela diminui a necessidade de fertilizantes sintéticos que contém poluentes danosos ao ecossistema (Cerdeira et al., 2018).

Além de benefícios ambientais, a compostagem também tem vantagens econômicas. Ela reduz o custo do gerenciamento do lixo e produz uma comodidade valiosa, que auxilia na fonte de renda de municípios e fazendas. Estimula também o crescimento da economia local e contribui para um desenvolvimento sustentável (Troschinetz e Mihelcic, 2009).

Em uma escala municipal, existem entidades que podem se beneficiar mutuamente deste ciclo. O principal componente deste ciclo são resíduos orgânicos, que podem ser encontrados em restos de alimentos. Por isso, estabelecimentos como restaurantes, padarias e mercados são uma fonte valiosa do material (EPA, 2024).

Fazendas, sítios e até pequenas hortas do mesmo município se beneficiariam dos fertilizantes gerados pela compostagem dos resíduos desses estabelecimentos, crescendo seus produtos agrícolas que serão vendidos e retornarão aos restaurantes, padarias e mercados como ingredientes, e assim repetindo o ciclo (virtuoso) (EPA, 2024).

É possível a criação de um sistema de gestão que, em conjunto com um órgão mediador, pode auxiliar nesse ciclo de forma a facilitar o processo para todos os envolvidos. A sugestão é

que o papel de órgão mediador seja executado pela Prefeitura Municipal ou por uma empresa privada responsável pela coleta de lixo no município. O sistema deve permitir que estabelecimentos que tenham resíduos orgânicos a serem fornecidos para o processo possam se cadastrar e indicar dias/horários para a coleta. Da mesma forma, consumidores regulares de fertilizantes resultantes da compostagem podem se cadastrar e indicar quantidade e horário de coleta. O papel do órgão mediador seria de avaliar a participação dos cadastrados, gerenciar e atualizar as informações de estoque de fertilizantes, gerenciar a coleta de resíduos orgânicos e o processo de compostagem em si.

4. ARQUITETURA DO APLICATIVO

O diagrama de caso de uso, representado pela Figura 2, ilustra as interações entre os atores do sistema e as funcionalidades principais que eles podem executar. O Fornecedor de Resíduos representa todos os usuários donos de algum comércio que gera resíduos orgânicos para oferecer, como restaurantes e padarias. O Consumidor de Fertilizante representa os cidadãos que praticam alguma atividade agrícola e tem interesse em fazer uso do composto produzido pela prefeitura. O *Super Admin* é uma conta atribuída a cada município que será responsável pela gerência de contas de funcionários da prefeitura do local. O funcionário da Prefeitura é o ator responsável por fazer a gerência do ciclo da compostagem naquele município, administrando as coletas de resíduos orgânicos e as retiradas de fertilizantes da planta onde ele está alocado.

Os casos de uso principais são:

- Login: Ponto de entrada comum para todos os atores;
- Adicionar Endereço: Extensível para fornecedores de resíduos, ao inserir o nome do estabelecimento, nome da rua, bairro, número e os detalhes dos resíduos gerados no local, cadastra o endereço no banco de dados;
- Criar Rotina de Disponibilização de Resíduos: Extensível para fornecedores de resíduos, permite o usuário criar uma rotina que indica quais dias e em que horas os resíduos orgânicos daquele estabelecimento ficam disponíveis para serem coletados;
- Requisitar Fertilizante: Disponível para consumidores de fertilizantes, cria uma requisição com a quantidade, uma data e horário que o usuário indicou que irá realizar a retirada;

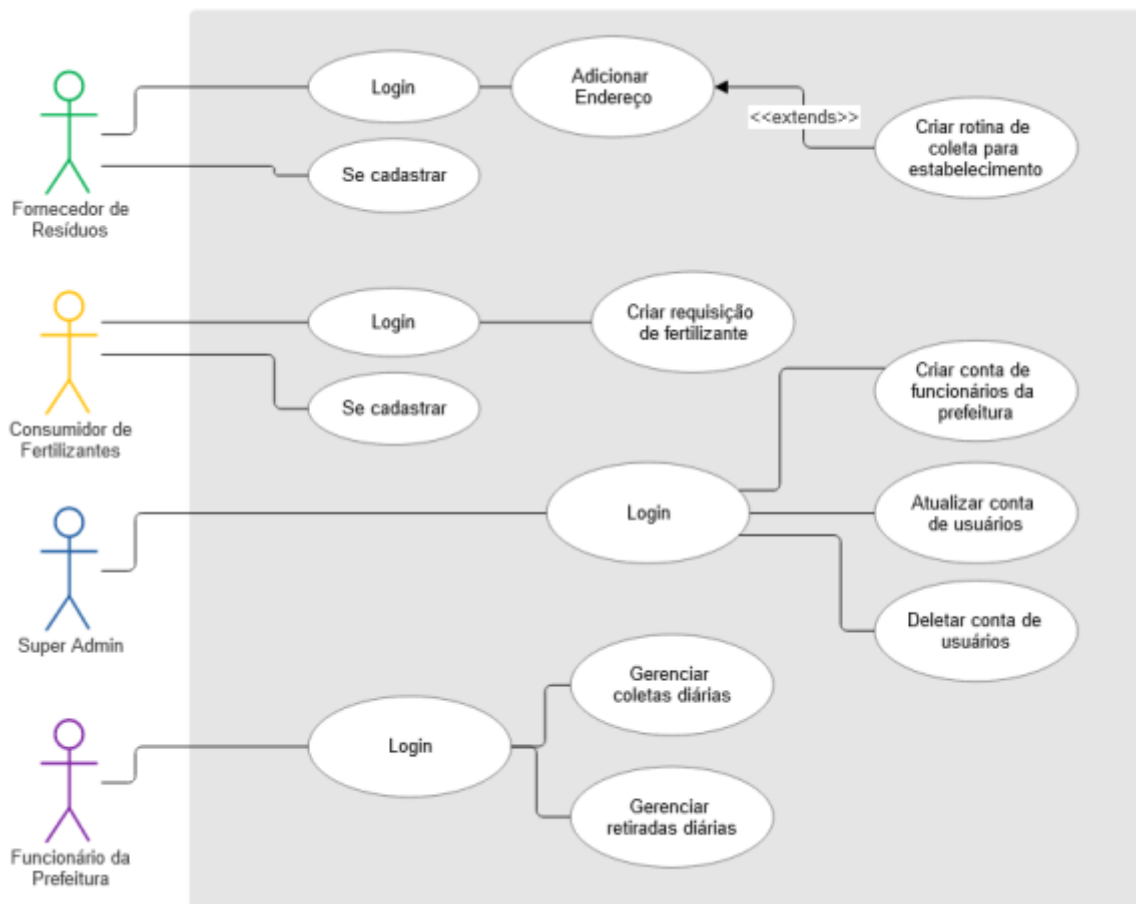


Figura 2. Diagrama Caso de Uso.

- Gerenciamento de Funcionários: Inclui cadastro, atualização e deleção, realizado pelo Super Admin;
- Gestão de Coletas: Realizada pelo funcionário da prefeitura, adiciona coletas para a fila de coletas diária e confirma retiradas que estavam marcadas para o dia e foram devidamente realizadas,

A estrutura do banco de dados é essencial para suportar as funcionalidades descritas no diagrama de caso de uso. O modelo entidade-relacionamento detalha as principais tabelas e seus relacionamentos na Figura 3.

A relação de 1:N da tabela *superAdmin* com a tabela de *users*, por ser a conta responsável por ter a capacidade de gerenciar usuários na plataforma, além de ser responsável por criar os perfis dos funcionários da Prefeitura.

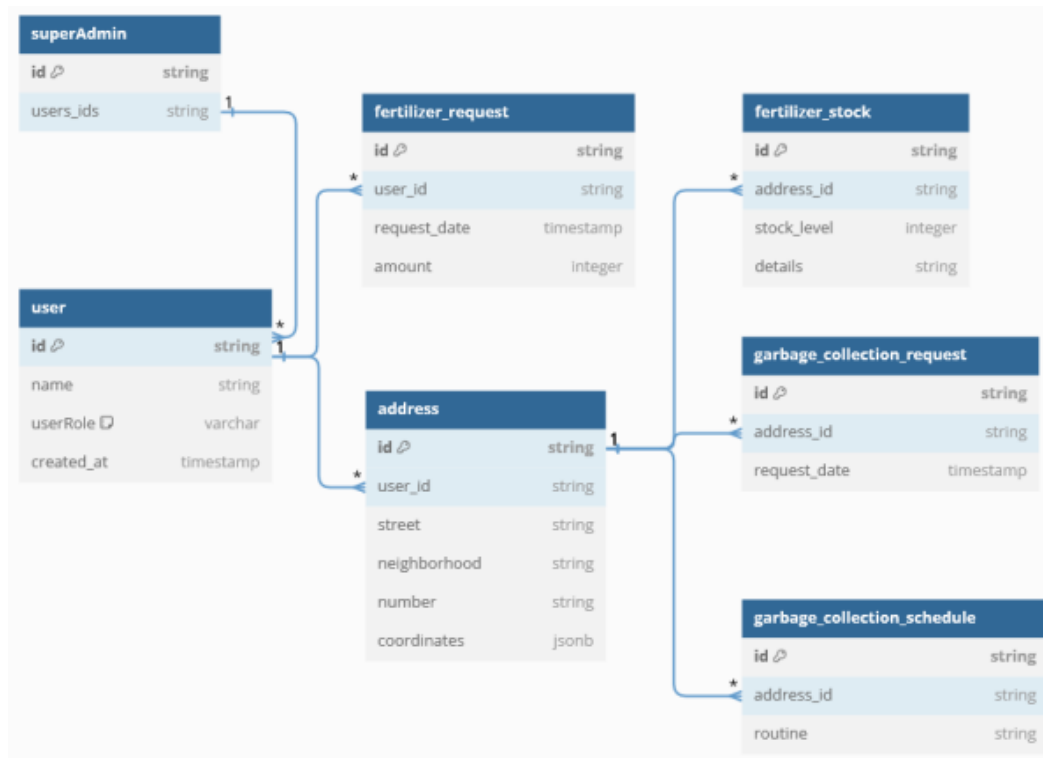


Figura 3. Modelo Relacional.

Os recursos oferecidos aos usuários vão depender do valor da variável *UserRole* na tabela *users*, que vai fazer o controle da renderização condicional do lado do cliente. Se o valor for "ADMIN", por exemplo, a tela principal irá renderizar os recursos para o usuário fazer o controle de usuários da plataforma, e funciona da mesma forma para os valores "PREFEITURA", "CONSUMIDOR" e "FORNECEDOR" de *UserRole*, cada um com os devidos recursos disponibilizados. A decisão por fazer o controle desta forma se deu pela facilidade de permitir que usuário possa trocar a maneira com que ele deseja usar a plataforma, adicionando uma opção de troca de tipo de usuário nas configurações de perfil.

4. TECNOLOGIAS E FERRAMENTAS

Esta Seção descreve as tecnologias e ferramentas utilizadas no desenvolvimento do aplicativo Composting Manager. A Figura 4 apresenta a visão geral de sua arquitetura.

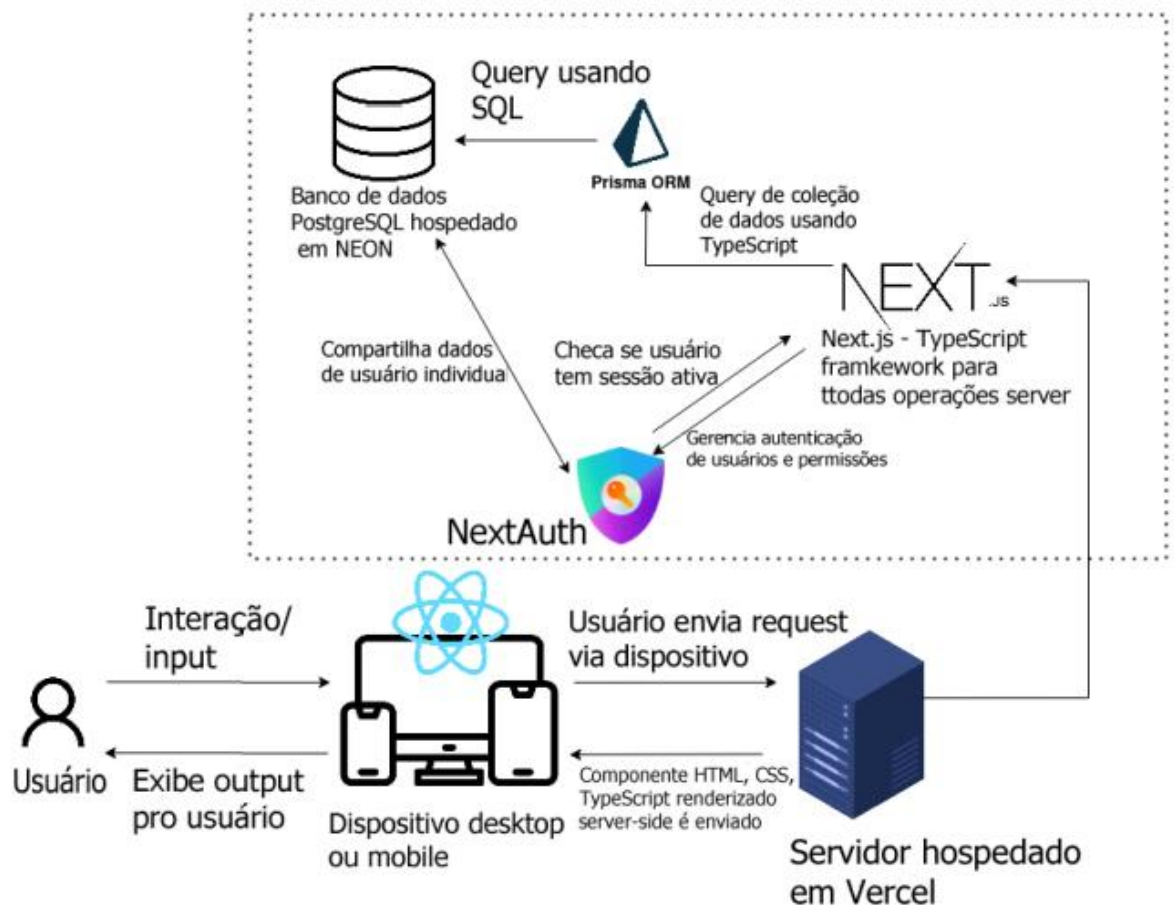


Figura 4. Arquitetura do Aplicativo.

TypeScript

O TypeScript¹ é uma linguagem de programação de código aberto desenvolvida e mantida pela Microsoft. Ele é um *superset* do JavaScript, o que significa que qualquer código JavaScript também é um código TypeScript, mas com funcionalidades e capacidades adicionais. O TypeScript introduz a tipagem estática no JavaScript, permitindo que os programadores detectem erros no início do processo de desenvolvimento e escrevam código mais robusto e de fácil manutenção.

¹ <https://www.typescriptlang.org/docs/handbook/typescript-from-scratch.html#what-is-javascript-a-brief-history>

NextJs

O Next.js² é um *framework* popular para a criação de aplicativos React, oferecendo uma combinação de simplicidade, desempenho e escalabilidade. Desenvolvido e mantido pela Vercel, o Next.js simplifica o processo de criação de aplicativos React no nível de produção, por fornecer uma variedade de recursos e otimizações sem exigir que o programador as implemente do zero.

O Next.js simplifica o processo de criação de *endpoints Application Programming Interface* (API), oferecendo suporte integrado para rotas de API. Os desenvolvedores podem criar *endpoints* de API sem servidor dentro do diretório `pages/api`, usando métodos HTTP familiares, como GET, POST, PUT e DELETE. Isso permite uma integração perfeita entre a lógica do lado do cliente e do lado do servidor dentro da mesma base de código. A escolha desta tecnologia foi devido ao prazo curto para realizar o desenvolvimento do aplicativo, e a familiaridade com o *framework* agilizaria o processo.

NextAuth

NextAuth.js³ é uma biblioteca de autenticação versátil projetada especificamente para aplicativos Next.js. Desenvolvida para simplificar o processo de autenticação, o NextAuth.js fornece uma solução robusta para implementar mecanismos de autenticação e suporta uma ampla gama de provedores de autenticação, incluindo plataformas sociais populares como Google, Facebook, Twitter, GitHub e outras, além de permitir a autenticação de email/senha tradicional. A facilidade da integração com Next.js e o fato de ser uma opção gratuita foram grandes fatores para a escolha da biblioteca.

Tailwind

O Tailwind CSS⁴ (*Cascading Style Sheets* ou Folhas de Estilo em Cascata) é um *framework* que ganhou popularidade na área de desenvolvimento *Web* por sua abordagem de estilo que prioriza a utilidade, por permitir a estilização dentro da própria marcação HTML (*HyperText Markup Language* ou Linguagem de Marcação de Hipertexto). Quando combinado

² <https://nextjs.org/docs>

³ <https://next-auth.js.org/getting-started/introduction>

⁴ <https://tailwindcss.com/docs/installation>

com o React, o Tailwind CSS oferece um conjunto poderoso de ferramentas para criar interfaces modernas e responsivas com o mínimo de esforço.

React

React⁵ é uma biblioteca de código aberto utilizada para criar interfaces de usuário, com uma abordagem de desenvolvimento baseada em componentes. Esses componentes são módulos reutilizáveis, independentes e autocontidos, permitindo flexibilidade na customização por meio de parâmetros. Quando esses parâmetros são passados aos componentes, eles mudam de estado e, conseqüentemente, alteram o que é exibido na tela, atendendo às necessidades do desenvolvedor.

ShadCN

ShadCN⁶ não é uma biblioteca de componentes, ao contrário da concepção popular. É na verdade uma coleção de componentes que não requer que seja instalada como dependência no código, e pode ser usada apenas copiando e colando no código. A intenção por trás da utilização deste método ao invés de instalá-lo como uma dependência, é a de permitir controle sobre o código, decidindo como os componentes são construídos, estilizados e exibidos. O uso do ShadCN foi um dos maiores responsáveis por acelerar o desenvolvimento, por permitir a fácil e ágil implementação de interfaces de usuário intuitivas e responsivas.

PostgreSQL

O PostgreSQL⁷, muitas vezes referido simplesmente como Postgres, é um banco de dados relacional de código aberto, conhecido pelo seu conjunto robusto de funcionalidades. Amplamente considerado como um dos bancos de dados mais poderosos e versáteis disponíveis atualmente, o PostgreSQL é uma escolha popular para organizações de todos os tamanhos, de *startups* a grandes empresas. A familiaridade do desenvolvedor com bancos de dados relacionais e alta consistência e integridade dos dados foram as maiores influências na escolha da tecnologia

⁵ <https://react.dev/>

⁶ <https://ui.shadcn.com/docs>

⁷ <https://www.postgresql.org>

Prisma

O Prisma⁸ é uma ferramenta de mapeamento objeto-relacional que permite aproximar o paradigma de desenvolvimento orientado a objetos ao paradigma do banco de dados, fornecendo ferramentas que visam facilitar o gerenciamento do banco. As ferramentas são as seguintes:

- Prisma Client: Um criador de *query* autogerado e seguro quanto ao tipagem para Node.js e TypeScript;
- Prisma Migrate: Um sistema de migração e modelagem de dados declarativo;
- Prisma Studio: Uma interface gráfica de utilizador para visualizar e editar dados no seu banco de dados.

Google Maps API

A Google Maps API⁹ permite que desenvolvedores acessem os dados e funcionalidades do Google Maps para seus projetos, oferecendo ferramentas interativas e para personalização sem precisar que sejam implementados do zero. Os serviços dessa API utilizados nesse projeto são:

- *Maps*: Incorporação de mapas interativos com várias opções de personalização;
- *Places*: Acesso a informações detalhadas sobre lugares, incluindo nomes, endereços e avaliações;
- *Routes*: Cálculo e exibição de rotas para diferentes meios de transporte;
- *Geocoding*: Conversão de endereços em coordenadas geográficas e vice-versa.

Google OAuth 2.0

Google OAuth 2.0¹⁰ é um *framework* de autorização que permite aplicações terceiras acessarem os serviços Google de um usuário sem expor suas credenciais de *login*, utilizando *tokens* ao invés de senhas. Esse processo facilita a criação e gerência de perfis tanto do lado do usuário como do desenvolvedor.

⁸ <https://www.prisma.io/docs/orm/overview/introduction/what-is-prisma>

⁹ <https://developers.google.com/maps/documentation?hl=pt-br>

¹⁰ <https://developers.google.com/identity/protocols/oauth2?hl=pt-br>

Conclusão sobre as tecnologias

As tecnologias descritas formam um ecossistema de desenvolvimento *web* moderno e eficiente. TypeScript, com sua tipagem estática, melhora a segurança e a qualidade do código JavaScript, enquanto *frameworks* como Next.js e React proporcionam uma base sólida e componentes reutilizáveis para a construção de interfaces dinâmicas e escaláveis. A integração de NextAuth.js facilita a autenticação segura e gratuita, essencial para aplicativos que requerem gerenciamento de usuários. Ferramentas de estilização como Tailwind CSS permitem a criação de *designs* responsivos com facilidade, aumentando a produtividade dos desenvolvedores.

Complementando a construção e estilização do *frontend*, tecnologias de *backend* como PostgreSQL e Prisma garantem uma gestão eficiente e flexível dos dados. O Prisma simplifica a interação com o banco de dados através de sua abordagem ORM. A API do Google Maps oferece recursos de geolocalização e mapas interativos, enriquecendo a funcionalidade da aplicação, e o Google OAuth 2.0 facilita a autorização e autenticação de usuários. Juntas, essas tecnologias formam uma base poderosa para o desenvolvimento de aplicações *web* completas, seguras e de alta performance.

5. COMPOSTING MANAGER

O Composting Manager é um aplicativo que visa conectar entidades que fornecem resíduos orgânicos, como donos de restaurantes, permitindo que eles criem rotinas de coleta com horários e dias da semana para a prefeitura realizar. Usuários que utilizam fertilizantes, como donos de fazendas, podem agendar a retirada de fertilizantes do tipo e quantidade desejados em um local da Prefeitura. Os funcionários da Prefeitura são responsáveis por gerenciar a coleta e distribuição dos fertilizantes.

No aplicativo, os recursos disponíveis são relacionados ao tipo da conta que o usuário está usando. O usuário é recebido com uma tela que permite que inicie sua sessão ou se cadastre (se não tiver uma conta), podendo usar sua conta Google ou Github, como mostrado na Figura 5.

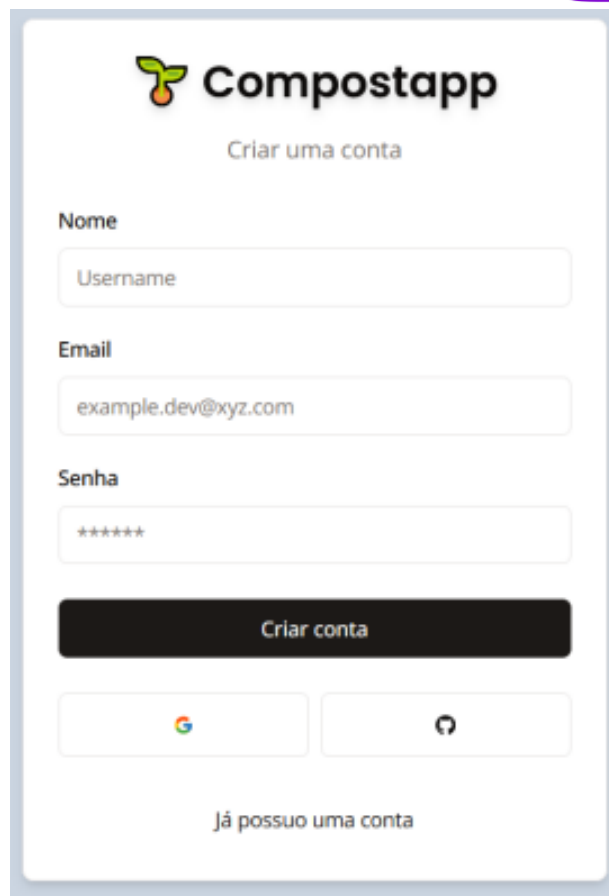


Figura 6. Tela de Login do Aplicativo.

Após iniciar a sessão pela primeira vez, é apresentada ao usuário uma caixa de seleção para escolher se deseja utilizar a plataforma para fornecer resíduos orgânicos ou se deseja fazer requisições de fertilizantes, e os termos e condições para o uso do aplicativo (ele proíbe o usuário de praticar a venda dos fertilizantes oferecidos pela Prefeitura e indica punições aplicáveis).

O controle de adaptação e versionamento dos termos e condições fica sob a gerência do *Super Admin*, uma conta de administrador *root* única, que possui acesso irrestrito a todos os recursos do sistema.

5.1 Fornecedores

Os fornecedores são capazes de cadastrar endereços de seus estabelecimentos e criar rotinas de coleta para cada um, indicando os dias da semana e o horário em que os resíduos ficam disponíveis para a Prefeitura realizar a coleta.

Quando for adicionar um endereço, ele pode procurá-lo com o auxílio de uma busca precisa utilizando a API do Google Maps, ou se não encontrar, digitá-lo manualmente.

5.2 Consumidores

Os consumidores têm acesso a um mapa que indica os locais mais próximos que oferecem fertilizantes, que quando selecionados fornecem um pequeno formulário para agendar um dia e um horário para realizar a busca dos fertilizantes reservados.

Ao lado do mapa, é exibido um histórico de requisições que o usuário realizou, permitindo localizar onde foi a requisição e requisitar novamente.

5.3 Administrador e Funcionários da Prefeitura

A criação, adaptação e deleção de perfis para os funcionários da Prefeitura são realizadas por um *Super Admin*, que cadastra o funcionário e vincula ao endereço da planta onde irá realizar o trabalho de gerência de coleta de resíduos e distribuição de fertilizantes.

Os funcionários poderão criar e atualizar a quantidade e detalhes sobre o adubo que está disponível na planta onde estão alocados. Poderão gerenciar os pedidos de coletas, que são adicionados a uma fila e geram uma rota otimizada para as coletas, que podem ser visualizadas e atualizadas conforme são realizadas. Poderão visualizar uma lista de retirada de fertilizantes agendada naquele dia, e se caso o usuário que requisitou a coleta não vier buscar, o pedido é removido automaticamente ao final do dia.

6. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi possível desenvolver uma aplicação utilizando diversas tecnologias modernas, como TypeScript, NextJs, Tailwind, React, Prisma e PostgreSQL, além de integrações com Google Maps API e Google OAuth 2.0. Cada uma dessas tecnologias pode contribuir para a robustez, segurança e usabilidade do sistema (que ainda precisam ser testadas), que proporciona uma experiência intuitiva, tanto para os desenvolvedores quanto para os usuários finais.

A aplicação visa contribuir beneficamente com o ecossistema, buscando diminuir a necessidade de direcionamento de lixo a aterros sanitários, por torná-lo uma matéria útil para a agricultura, também reduzindo a necessidade de uso de fertilizantes sintéticos prejudiciais ao meio-ambiente. Intenta também causar o benefício da economia do município, para que não

precise gastar com o redirecionamento do lixo e com a compra de fertilizantes, crescendo a economia local.

Entre as lições aprendidas com o desenvolvimento do projeto, destacam-se no quesito de produtividade a de diminuir o escopo quando a equipe de programação não for grande, e a de aproveitar ao máximo componentes de interface pré-prontos e *frameworks* que agilizam a produção de recursos cruciais para aplicações.

O projeto Composting Manager pode continuar a se desenvolver com foco na implementação de melhorias e novos recursos, visando aprimorar a experiência do usuário e aumentar a eficácia do aplicativo. Entre os futuros trabalhos previstos, destacam-se:

- Meio de Comunicação: Para garantir transparência e facilitar a comunicação entre os usuários e aos funcionários municipais está planejada a criação de um canal de comunicação direto. Esse canal pode ajudar com dúvidas, relatos de eventuais problemas que usuários tiverem com relação a providência de resíduos ou retirada de adubo.
- Notificações: Para tornar o trabalho de todas as partes mais fácil de ser gerenciado, há planos de criar um sistema de notificação para todos os usuários para alertá-los sobre eventos de seus interesses, como notificação de agendamento de retirada de adubo, notificação de coleta de resíduos realizada, notificação de pedido de retirada expirado, etc.

7. REFERÊNCIAS

Troschinetz, A. M. and Mihelcic, J. R. (2009). “Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries”. *Waste Management*, 29 (2), pp. 915–923.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.04.016>.

Environmental Protection Agency, (June, 2024). *Sustainable Management of Food*.

<https://www.epa.gov/sustainable-management-food/composting>

Ministério do Meio Ambiente, (June, 2024). *Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos*. URL: <https://sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/residuos-solidos-urbanos/>

Cerda, A., Artola, A. Font, X., Barrena, R., Gea, T. and Sánchez, A. (2018). Composting of food wastes: Status and challenges. *Bioresource Technology* 248 (A), pp. 57–67.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.133>

Souza, L. P. M., Souza, T. G., Panatieri, R. B. and Kikuti, E. (2020). Compostagem: uma proposta ambiental para diminuição do lixo doméstico. *Revista Em Extensão* 19.2 (2020), pp. 915–923. <https://doi.org/10.14393/REE-v19n22020-55987>

Boldrin, A., Andersen, J. K., Moller, J., Favoino, E. and Christensen, T. H. (2009). Composting and compost utilization: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Manage* 27 (8), pp. 800–812.

<https://doi.org/10.1177/0734242X09345275>

Klein, F. B., Gonçalves-Dias, S. L. F., and Jayo, M. (2018). Gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: uma análise sobre o uso de TIC no acesso à informação governamentais. *Urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana* 10 (1).

<https://doi.org/10.1590/2175-3369.010.001.AO10>

Neofotistos, M., Hanioti, N. Kefalonitou, E., Perouli, A. Z. and Vorgias, K. E. (2023). A Real-World Scenario of Citizens’ Motivation and Engagement in Urban Waste Management Through a Mobile Application and Smart City Technology. *Circular Economy and Sustainability* 3 (1), pp. 221–239. <https://doi.org/10.1007/s43615-022-00155-z>

Pardini, K., Rodrigues, J. J. P. C., Diallo, O., Das, A. K., Albuquerque, V. H. C. and Kozlov, S.A. (2020). A Smart Waste Management Solution Geared towards Citizens. *Sensors. Circular Economy and Sustainability*, 20 (8), p.p. 1-15. <https://doi.org/10.3390/s20082380>

Monteiro, J., Barata, J., Gomes, H. and Castro, E. (2021). Deploying Smart Community Composting in Estrela UNESCO Global Geopark: A Mobile App Approach. *Information Systems Development: Crossing Boundaries between Development and Operations (DevOps) in Information Systems (ISD2021 Proceedings)*.

Prefeitura de Guarulhos. (June, 2024) Compostagem.

<https://www.guarulhos.sp.gov.br/lixozero/compostagem>