

Matheus Nunes Sobrinho

APPROTASVAN: Protótipo Para Dispositivos Móveis Para Gerenciar Trajetos Escolares



Ouro Branco, 22 de fevereiro de 2025

Matheus Nunes Sobrinho

APPROTASVAN: Protótipo Para Dispositivos Móveis Para Gerenciar Trajetos Escolares

Projeto de Pesquisa apresentado ao curso de Sistemas de Informação do Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Ouro Branco, como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II.

Orientador: Saulo Henrique Cabral Silva



Ouro Branco, 22 de fevereiro de 2025

Lista de ilustrações

Figura 1 – Diagrama de Arquitetura	14
Figura 2 – Fluxo de troca de informações para o envio das notificações	15
Figura 3 – Diagrama de Entidade e Relacionamento	17
Figura 4 – A) Tela de Login B) Tela Principal do Motorista C) Listagem de Passageiros	18
Figura 5 – A) Tela Principal do Cliente B) Tela de Agendar Ausência C) Localização do Motorista	18
Figura 6 – Representação gráfica da escala SUS	20
Figura 7 – Cluster de respostas positivas	20
Figura 8 – Cluster de respostas melhorias	21

Lista de quadros

Quadro 1 – Tabela de Trabalhos Relacionados	9
Quadro 2 – Análise de Funcionalidades Presentes nos Trabalhos Analisados. 1- Jisha et al. (2018) 2- Korkmaz et al. (2019) 3- Ammar et al. (2019) 4- Ahmed et al. (2019)	12
Quadro 3 – Análise de Funcionalidades Presentes nos Apps do Mercado.	13

Lista de abreviaturas e siglas

IOT	<i>Internet of Things</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
MVVM	<i>Model-View-ViewModel</i>
FCM	<i>Firebase Cloud Messaging</i>
CRUD	<i>Create, Read, Update and Delete</i>
SUS	<i>System Usability Scale</i>
DER	Diagrama Entidade Relacionamento
IFMG	Instituto Federal de Minas Gerais

Sumário

1	INTRODUÇÃO	7
2	TRABALHOS RELACIONADOS	9
2.1	Revisão da literatura	9
2.2	Revisão das plataformas existentes no mercado	12
3	METODOLOGIA	14
3.1	Componentes do Protótipo	14
3.1.1	Aplicativo Mobile	14
3.1.2	API Rest	15
3.1.3	Banco de Dados	16
3.2	Telas Elaboradas	17
3.3	Testes	19
3.4	Resultados	19
4	CONCLUSÃO	22
5	TRABALHOS FUTUROS	23
	REFERÊNCIAS	24
	ANEXO A – DOCUMENTAÇÃO DOS ENDPOINTS DA API	25
	ANEXO B – RESPOSTAS QUESTIONÁRIO	27

Resumo

O transporte escolar desempenha um papel crucial na vida de milhões de estudantes em todo o mundo, garantindo acesso à educação de forma segura e eficiente. No entanto, desafios como atrasos, falta de comunicação e preocupações com a segurança dos alunos persistem. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de uma solução colaborativa voltada para dispositivos móveis, projetado para melhorar a experiência de pais/responsáveis, alunos e motoristas. O aplicativo, APPROTASVAN, utiliza dados de geolocalização em tempo real para permitir a localização dos veículos escolares, notificando os pais sobre a aproximação da van e chegada ao destino. Além disso, o sistema oferece recursos para o motorista, como a gestão da lista de alunos, otimização das rotas e o controle de presença. Este trabalho discute o design, desenvolvimento e avaliação do protótipo, destacando suas funcionalidades, limitações e benefícios no contexto do transporte escolar. Os testes conduzidos com usuários demonstraram aceitação do protótipo, com um escore 87.5, na Escala de avaliação de Usabilidade - SUS.

Palavras-chave: Android. Transporte Escolar. Rastreamento de Ônibus.

1 Introdução

O transporte escolar desempenha um papel crucial na vida de milhões de estudantes em todo o mundo, proporcionando-lhes acesso à educação de forma segura e eficiente. Para muitas famílias, especialmente aquelas que vivem distantes das instituições de ensino, o transporte escolar é vital para garantir que seus filhos possam frequentar as aulas regularmente. Além disso, o transporte escolar desempenha um papel significativo na redução das desigualdades de acesso à educação, permitindo que estudantes de diversas origens socioeconômicas tenham acesso igualitário às oportunidades educacionais (JOMNONKWAO et al., 2022).

Os atrasos no transporte escolar podem resultar em inconveniências significativas para os alunos e seus familiares, afetando o tempo de aprendizado e comprometendo a pontualidade nas atividades escolares (JOMNONKWAO et al., 2022). Além disso, a falta de um sistema eficaz de monitoramento por parte dos pais pode gerar ansiedade e incerteza quanto à segurança dos estudantes durante o trajeto para casa ou para a escola. A ausência de informações precisas sobre o horário exato do transporte na casa da criança também pode causar transtornos, levando a situações de espera prolongada e possíveis conflitos de horários para os pais (AGYEMAN; CHENG, 2020).

Neste cenário, o uso de aplicações móveis e de IoT emergem como uma solução promissora para enfrentar os desafios enfrentados pelo transporte escolar, oferecendo uma série de benefícios que podem melhorar significativamente a experiência dos alunos, pais e motoristas (JISHA et al., 2018). Essas aplicações promovem comunicação e monitoramento em tempo real do transporte escolar, ajudando a reduzir a ocorrência de atrasos, oferecendo maior tranquilidade para as famílias, otimizando a eficiência das rotas e por parte do motorista, ajuda na gestão dos alunos do ônibus/van.

Ao fornecer informações em tempo real sobre o horário e a localização do transporte escolar, as aplicações móveis permitem que os pais e responsáveis possam acompanhar o trajeto de seus filhos até a instituição de ensino, permitindo que estes sejam notificados de qualquer atraso ou mudança na programação. Isso não só oferece maior segurança e tranquilidade para as famílias, mas também permite que os motoristas, estudantes e pais planejem suas rotinas diárias de forma mais eficiente, reduzindo, atrasos e esperas desnecessárias, atenuando o estresse e a incerteza associados ao transporte escolar.

Este trabalho apresenta um protótipo de uma solução colaborativa voltada para dispositivos móveis, destinada a melhorar a gestão do transporte escolar por meio da comunicação em tempo real entre pais e motoristas. O protótipo visa amenizar os desafios enfrentados pelo sistema de transporte escolar, permitindo o compartilhamento instantâneo

de informações, como a localização do motorista, notificações de proximidade da van no endereço e a chegada ao destino final. Neste sentido, o protótipo facilita na gestão dos passageiros, permitindo saber quais alunos irão no veículo em determinado dia, e assim possibilitando o cálculo de rotas mais eficientes, além de notificar os responsáveis pelos alunos da proximidade do veículo às suas residências ao longo do trajeto.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: na seção 2, são discutidos os principais trabalhos e plataformas dentro do contexto de transporte escolar. A seção 3, apresenta a metodologia de desenvolvimento da solução proposta. As seções 3.3 e 3.4 descrevem os testes e os comentários a respeito do uso da solução.

2 Trabalhos relacionados

No intuito de estudar os trabalhos mais relevantes que contribuem e analisam o tema escolhido neste trabalho, foi realizada uma revisão acerca dos trabalhos publicados entre os anos de 2018 a 2022, disponíveis na base *Web Of Science* (SCIENCE, 2024). A seção 2.1 discute os trabalhos relacionados e os pontos de aprendizado de cada um. A seção 2.2 apresenta uma análise crítica em relação às plataformas já existentes no mercado.

2.1 Revisão da literatura

Ao todo, 6 trabalhos foram selecionados e eles foram obtidos através de uma busca utilizando as seguintes palavras chave: *school bus, tracking system*. Para esta etapa, foram adotados os seguintes critérios de exclusão:

- Estudos não revisados em pares;
- Trabalhos não disponíveis para análise e extração;
- Trabalhos que não apresentem melhorias/soluções para plataformas;
- Trabalhos não escritos em inglês;

Nº	Nome do Trabalho	Autores	DOI	Total de Citações
1	Analysis of barriers to perceived service quality in Ghana: Students' perspectives on bus mobility attributes {Cr}	Stephen Agyeman, Lin Cheng	10.1016/j.tranpol.2020.08.015	30
2	Perceptions of Parents of the Quality of the Public Transport Services Used by Children to Commute to School {Cr}	Sajjakaj Jomnonkwao, Chinnakrit Banyong, Supanida Nanthawong, Thananya Janhuaton, Vatanavongs Ratanavara, Thanapong Champahom, Pornsiri Jongkol	10.3390/su142013005	4
3	An Android Application for School Bus Tracking and Student Monitoring System	Jisha R C, Mathews P Mathews, Sidharth P Kini, Vineeth Kumar, Harisankar U V, Shilpa M	10.1109/iccic.2018.8782320	32
4	A Smart School Bus Tracking System	Ilker Korkmaz, Alp Camci, Cihangir Cengiz, Dogan Dirik, Emre Cekci, Fatih Mehmet Akbaba	10.1109/isncc.2019.8909188	13
5	A Real-time School Bus Tracking and Monitoring System	Khalid Ammar, Mohammad Jalmoud, Abdulasull Boussehri, Khalid Fakhro	10.1109/iemcon.2019.8936199	11
6	An Intelligent and Secured Tracking System for Monitoring School Bus	Asif Ahmed, M M Rayhan Parvez, Md Hridoy, Hasan, Fernez Narin Nur, Nazmun Nessa Moon, Asif Karim, Sami Azam, Bharanidharan Shanmugam, Mirjam Jonkman	10.1109/iccci.2019.8822187	35

Quadro 1 – Tabela de Trabalhos Relacionados

Um estudo conduzido por por [Agyeman e Cheng \(2020\)](#) investigou as barreiras enfrentadas no transporte escolar do município de Sunyani em Gana. A pesquisa empregou

um questionário estruturado, onde 403 estudantes responderam, para coletar dados sobre as principais barreiras percebidas pelos alunos. Entre as barreiras identificadas, destaca-se a dificuldade relacionada à definição de uma rota que atenda aos agendamentos de horários, e que oportunize a redução do tempo necessário para percorrê-la. Os autores destacam a falta de informações sobre o deslocamento dos veículos de transporte escolar, tanto no momento de levar as crianças para as escolas, quanto para trazer as crianças de volta às suas residências. As barreiras identificadas impactam diretamente em uma baixa qualidade do serviço de transporte escolar, demonstrando impacto negativo na frequência escolar dos estudantes e conseqüentemente influenciando o desempenho acadêmico dos alunos. Para solucionar essa barreira, os autores sugerem implementar uma forma de compartilhar informações em tempo real do ônibus, como pontos de parada, mudanças de rota e incidentes.

Um outro trabalho, realizado por [Jomnonkwao et al. \(2022\)](#), teve como objetivo examinar os fatores que influenciam a percepção dos pais sobre a qualidade do serviço de transporte escolar no Nordeste da Tailândia. Os autores coletaram informações de 750 pais de alunos que precisam ir pra escola todos os dias. O estudo conseguiu encontrar 4 fatores que influenciam na percepção da qualidade dos pais, são eles: satisfação com o transporte, infraestrutura, informação e segurança. Como proposta para a melhoria do serviço de transporte escolar, os autores ressaltam a necessidade de estabelecer um centro de informações destinado a fornecer respostas precisas e claras sobre questões relacionadas ao transporte público. Além disso, é importante a implementação de um aplicativo que ofereça informações precisas e atualizadas sobre o plano de viagem para os pais e alunos.

Uma solução desenvolvida para arquitetura Android, feita por [Jisha et al. \(2018\)](#). A solução proposta tem por objetivo fornecer *feedbacks* aos pais cujos filhos utilizam o transporte escolar. A aplicação desenvolvida oferece funcionalidades essenciais, incluindo notificações em tempo real sobre a rota da van, a presença do aluno a bordo, a ocorrência de incidentes durante o trajeto e a chegada à instituição educacional. Destaca-se o papel crucial da equipe escolar, denominada de *faculty*, na monitorização dos alunos durante o percurso e na atualização do servidor por meio do aplicativo, proporcionando aos pais uma percepção segura da localização e bem-estar de seus filhos. A solução foi desenvolvida em 3 camadas, a de aplicação, a de usuário e a de comunicação. O trabalho evidencia não apenas a importância da aplicação desenvolvida para tranquilizar os pais, mas também destaca a necessidade contínua de inovação e adaptação para atender às exigências dinâmicas do contexto educacional e parental.

Outra solução com base tecnológica proposta por [Korkmaz et al. \(2019\)](#), têm como público alvo pais de alunos que utilizam transporte escolar. Os autores discorrem sobre o atual cenário, em que os pais estão ocupados em diversas demandas diárias (como trabalho, tarefas de casa e atividades da vida social), mas prezam pela segurança e conforto de seus

filhos. Neste sentido, o trabalho tem como objetivos, (1) eliminar alguns problemas que as crianças passam durante a viagem (como ser esquecido no ônibus e atrasos na viagem) e (2) ajudar a remover inseguranças dos pais. A solução consiste em uma API Rest que foi feita em .NET, uma aplicação web construída em Bootstrap e uma aplicação mobile em Xamarin com C#. A partir dessa solução os pais podem ter acesso à localização dos filhos durante a viagem. Além disso, a aplicação calcula a rota da viagem com base no tráfego e na distância do percurso.

No intuito de monitorar a presença das crianças dentro do transporte escolar, um trabalho desenvolvido por [Ammar et al. \(2019\)](#) apresentou uma aplicação composta por 2 módulos. Um módulo dedicado a realizar o rastreamento a bordo das crianças, com o objetivo de coletar as informações do GPS e do leitor de RFID e transmiti-las para o servidor. É um módulo que realiza diversas verificações relacionadas à segurança dos passageiros, como identificação do local correto de embarque/desembarque, detecção de possíveis esquecimentos de alunos no ônibus e notificação aos pais sobre o status do transporte. Essa solução, desenvolvida utilizando tecnologias como Apache, MySQL, HTML5, CSS, JavaScript, JQuery e C++, oferece funcionalidades essenciais, incluindo o rastreamento em tempo real do ônibus e a verificação da presença das crianças a bordo.

Outra pesquisa ([AHMED et al., 2019](#)) retrata que o uso de veículos privados para o transporte escolar intensifica o congestionamento do trânsito, e que uma proposta para amenizar o impacto do transporte escolar no trânsito seria a adoção dos ônibus escolares. No entanto, a maioria dos pais, não se sentem seguros com esse tipo de transporte que envolve grande número de crianças. Diante desse cenário, os pesquisadores propuseram uma aplicação mobile para possibilitar o rastreamento dos pais em relação à localização de seus filhos durante o trajeto escolar. A solução proposta possibilita o acompanhamento em tempo real da localização do ônibus escolar e notifica os pais quando a criança entra e sai do veículo. Para garantir a segurança das crianças quanto a entrada e saída das crianças do veículo, foram utilizadas tecnologias como RFID e scanner de impressão digital para autenticação dupla das crianças. Essas melhorias visam aumentar ainda mais a segurança e a confiança dos pais no sistema de transporte escolar.

Os estudos revisados mostram que um dos principais problemas que diminuem a confiança dos pais no transporte escolar é a falta de informações essenciais. Dados como a localização em tempo real do ônibus, notificações sobre incidentes e atualizações sobre o embarque e desembarque dos alunos são cruciais para aumentar a segurança dos estudantes e proporcionar tranquilidade aos pais. Compartilhar esses dados não só eleva a segurança dos alunos, mas também melhora a conveniência para as famílias, contribuindo para uma experiência de transporte escolar mais confiável e eficiente.

	1	2	3	4
Localização Van	x	x	x	x
Histórico de rotas				
Aviso de ausência				
Cálculo de rotas		x	x	
Notificação aproximação		x	x	x
Notificação mudança rota		x		
Notificação incidentes	x			
Notificação emba./desemba.	x	x	x	x

Quadro 2 – Análise de Funcionalidades Presentes nos Trabalhos Analisados.

1- [Jisha et al. \(2018\)](#) 2- [Korkmaz et al. \(2019\)](#) 3- [Ammar et al. \(2019\)](#) 4- [Ahmed et al. \(2019\)](#)



2.2 Revisão das plataformas existentes no mercado

Para identificar as principais plataformas existentes no mercado, foi usado a plataforma *GooglePlay* e o mecanismo de pesquisa do Google, as palavras chaves usadas foram: *school bus app*, *van escolar app*. O critério para selecionar as plataformas foram: aplicativos mais relevantes, seja por número de usuário ou por reconhecimento do mercado e aplicativos que mais se assemelham ao AppRotasVan. Com isso foram encontradas 3 principais plataformas: Van Escola, Here Comes The Bus e Tost.

A Van Escola é um aplicativo pensado para o público brasileiro, que está no mercado desde 2017, com 6 mil usuários registrados, feito pela Mobile Tracker, com ele é possível criar rotas e cadastrar alunos e seus responsáveis. Foram feitos 2 aplicativos, um focado nos pais e o outro no motorista, suas notas na Google Play são 4.3 e 2.8 respectivamente. O valor mensal do aplicativo é R\$49,00 por cada van cadastrada.

O Here Comes The Bus é mantido pela Synovia Solutions, desde 2014, a plataforma foi desenvolvida pensada no contexto dos EUA. Sua nota na Google Play é 4.6 e possui 1.5 milhão de usuários registrados. Para utilizar o aplicativo é necessário que o distrito escolar assine o serviço.

A Tost é a plataforma mais recente no mercado, já tiveram a oportunidade de apresentar o projeto na IEEE International Conference on Computing (ICOCO) em 2023, a produção do sistema foi finalizada em 2024. Foi desenvolvida pela Hillool junto com a Universidade da Malásia. Ela promete conectar pais, escola e motorista, usando apenas o smartphone.

	 Van Escola	 Tost	 Here comes the bus
Localização Van	x	x	x
Histórico de rotas	x	x	
Aviso de ausência			
Cálculo de rotas	x		
Notificação aproximação	x		x
Notificação mudança rota			
Notificação incidentes		x	x
Notificação emba./desemba.	x		x

Quadro 3 – Análise de Funcionalidades Presentes nos Apps do Mercado.

A maioria das soluções analisadas até o momento foram projetadas em contextos internacionais, não especificamente adaptados para o cenário brasileiro. Conforme mostrado nas tabelas 1 e 3, essas plataformas permitem que os pais e responsáveis fiquem cientes do status dos alunos. Todas essas opções são pagas, onde o motorista ou o distrito escolar assina a plataforma e oferece esse serviço aos seus passageiros. Para adaptar essas soluções ao contexto nacional, é interessante implementar uma funcionalidade que permita aos alunos avisar sobre suas ausências. Tal funcionalidade permitirá aos motoristas recalcular as rotas, resultando em economia de tempo e combustível, ao evitar paradas desnecessárias nas residências de alunos ausentes. Essa adaptação não apenas aumenta a conveniência para os pais, mas também beneficia os estudantes maiores de idade que utilizam o transporte escolar, promovendo uma gestão mais eficiente e sustentável do serviço de transporte.

3 Metodologia

Com base na análise dos trabalhos relacionados, constatou-se uma lacuna na disponibilidade de informações direcionadas aos responsáveis pelos alunos. Para suprir essa necessidade, o protótipo proposto inclui funcionalidades essenciais, como o compartilhamento da localização em tempo real da van e o envio de notificações alertando sobre a proximidade do veículo às residências e a chegada ao destino final. Além disso, para que o trabalho do motorista fique mais intuitivo durante o trajeto, é disponibilizada uma funcionalidade que permite listar os passageiros presentes no dia, tanto no trajeto de ida quanto no de volta.

3.1 Componentes do Protótipo

Conforme mostrado na figura 1, o protótipo é composto com alguns componentes, sendo a aplicação mobile, o servidor da aplicação (API REST) e o banco de dados. Nas subseções seguintes, cada um desses módulos será descrito em maiores detalhes.

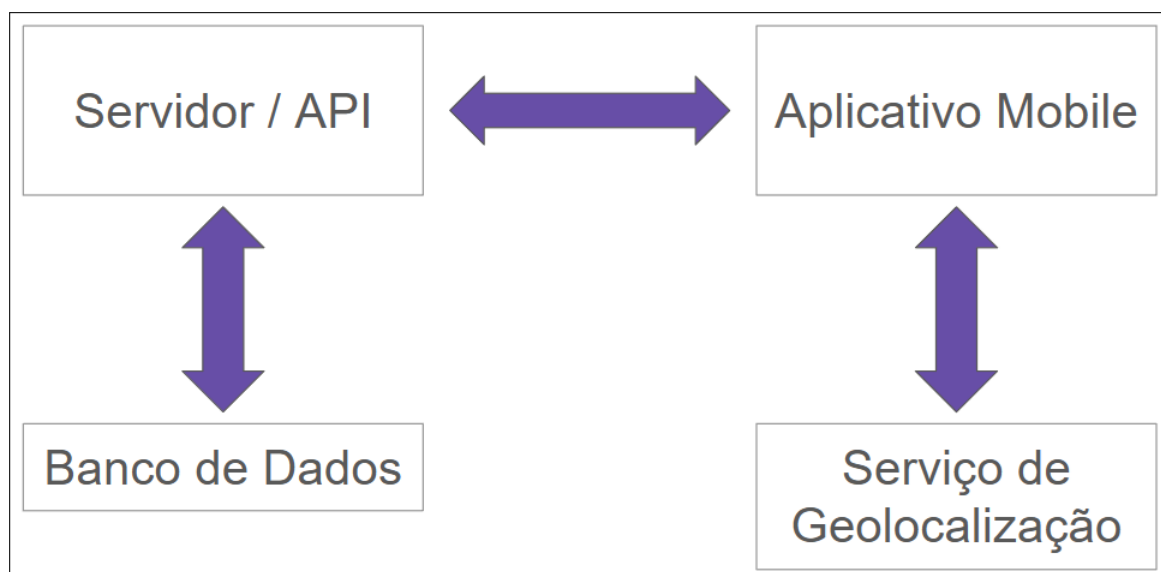


Figura 1 – Diagrama de Arquitetura

3.1.1 Aplicativo Mobile

Um aplicativo único, desenvolvido em Kotlin para a plataforma Android, seguindo o modelo MVVM (Model-View-ViewModel), através do uso de LiveData e ViewModel, visando escalabilidade e manutenção simplificada. Além disso, é mantido em cache o ID do usuário e o token de acesso, disponibilizado pela API.

Foram implementados dois perfis principais – motorista e cliente, que conferem diferentes níveis de acesso ao aplicativo, esse controle de permissões é feito via tokens de acesso gerados pela API de autenticação. Para a renderização de mapas foi utilizada a API do MapBox (MAPBOX, 2024) e atualização em tempo real da posição do motorista e dos passageiros.

Notificações push: configuradas com FireBase Cloud Messaging (FCM), possibilitando o envio de alertas imediatos sobre eventos como começo da viagem, aproximação do motorista e chegada ao destino. Cada evento possui um fluxo próprio, como pode ser visto na figura 2. Quando um usuário faz o login, o aplicativo envia o token do Firebase para a API, com isso a API armazena esse token e o vincula ao id do usuário correspondente. Quando a viagem é iniciada, o aplicativo envia uma requisição para a API, que por sua vez, filtra todos os passageiros presentes no dia, vinculados à van correspondente, e envia a notificação de início da viagem. Assim que o motorista inicia a viagem, o aplicativo começa o evento de enviar a localização atual a cada minuto, quando a API recebe essa localização ela faz dois cálculos: (1) calcula todos os endereços de passageiros no raio de 800 m da localização recebida, e envia a notificação de aproximação da van para os passageiros encontrados. (2) Faz o cálculo da distância entre o destino final e a localização recebida, caso seja menor que 10m, a viagem é encerrada e a notificação de fim da viagem é enviada.

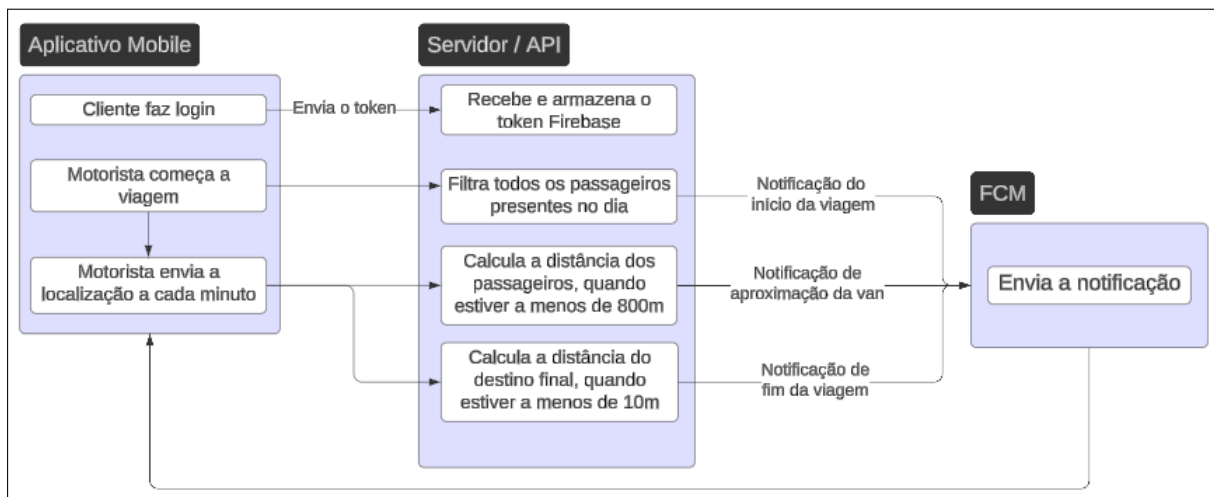


Figura 2 – Fluxo de troca de informações para o envio das notificações

3.1.2 API Rest

O sistema foi implementado em Java utilizando o framework Spring Boot, centralizando tanto as regras de segurança, por meio do Spring Security, quanto às regras de negócio. A API também gerencia a persistência de dados, valida as operações realizadas e orquestra o fluxo de informações entre o aplicativo móvel e o banco de dados.

Para isso, foram disponibilizados vários endpoints (ANEXO A), que permitem o cadastro de usuários, a gestão de rotas, o agendamento de ausências de passageiros, a consulta de dados do veículo, além de operações CRUD para todas as entidades mencionadas na Figura 1..

O envio de notificações é realizado via Firebase, permitindo que a API envie mensagens automáticas ao detectar eventos relevantes, como o início da viagem, a aproximação do motorista e a chegada ao destino. Quando o motorista acessa a tela de listagem de alunos da ida, é enviada aos passageiros a notificação de início da viagem. A notificação de aproximação é disparada quando o sistema detecta que o motorista está a 800 metros do endereço do passageiro, enquanto a notificação de chegada é enviada quando o motorista está a apenas 10 metros do destino, seja uma escola, faculdade ou outro local designado.

3.1.3 Banco de Dados

Para o banco de dados, foi escolhido o PostgreSQL, complementado pela extensão PostGIS. Essa combinação permite realizar cálculos geoespaciais, como determinar todos os passageiros dentro de uma certa distância do motorista, facilitando o envio de notificações de aproximação. Foram desenvolvidas consultas geoespaciais específicas para otimizar o desempenho em operações de geolocalização, (exemplo uma que retorna todos os passageiros em um raio de até 5 km da van), garantindo alertas de aproximação precisos e eficientes.

```
1 SELECT * FROM tb_passenger pm
2 INNER JOIN tb_address am ON pm.origin_address_id = am.id
3 WHERE ST_Intersects(am.location_postgis,
4     ST_Buffer(
5         ST_SetSRID(ST_Point(latDriver, longDriver), 4326), 5000,
6         'quad_segs=8'))
7 AND pm.van_id = vanId
8 AND NOT EXISTS (
9     SELECT 1 FROM tb_manage_attendance ma
10    WHERE ma.passenger_id = pm.id
11    AND ma.date_absence = dateAbsence
12    AND ma.outward_trip = true);
```

Listing 3.1 – Consulta SQL para Filtragem de Passageiros

No Diagrama de Entidades e Relacionamentos (DER) na figura 3, visualizamos as principais entidades do programa e suas funções. A entidade User é responsável por armazenar as informações de login dos usuários. Já a entidade Passenger representa o passageiro da van, portanto, armazena os dados de seu endereço de origem e destino. A

entidade ManageAttendance é utilizada para controlar quais passageiros estarão ausentes em uma data específica. A entidade Client pode representar um passageiro ou ser responsável por um ou mais passageiros. Para a funcionalidade de localização do motorista, a entidade Van armazena as coordenadas de latitude e longitude atuais do veículo.

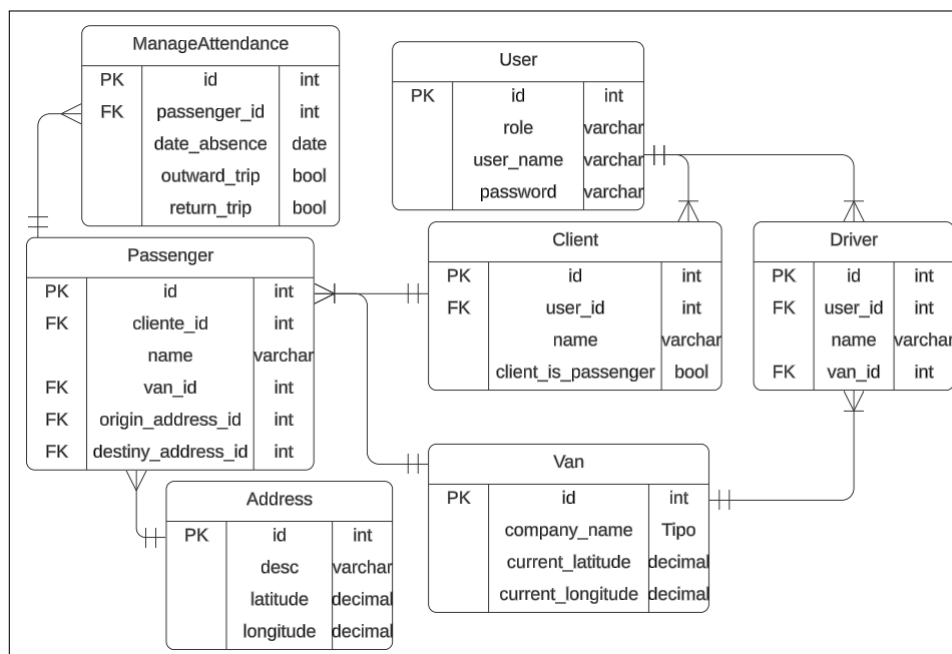


Figura 3 – Diagrama de Entidade e Relacionamento

3.2 Telas Elaboradas

Nesta seção, serão apresentadas as principais telas desenvolvidas para o aplicativo, contemplando tanto o fluxo do motorista quanto o do cliente. A Figura 4A, ilustra a tela de login, na qual o usuário insere suas credenciais, e de acordo com seu perfil (cliente ou motorista), é redirecionado para a tela principal correspondente.

Em seguida, as figuras 4 exibem o conjunto de telas voltadas para o motorista. Após efetuar o login, o motorista é redirecionado à sua tela principal, onde tem acesso às listas de passageiros para as viagens de ida e volta. Ao acessar a lista de passageiros na ida, o sistema apresenta um modal no intuito de avaliar a sua intenção em iniciar a transmissão de sua localização, marcando o início da viagem.

Por fim, a figura 5 ilustra o fluxo completo para o usuário com o papel de cliente. Após o login, o usuário é redirecionado à tela principal do cliente, onde pode agendar uma ausência ou localizar o motorista. Para agendar uma ausência, é necessário informar a data, e em qual viagem estará ausente — na ida e/ou na volta. Na tela de localização do motorista, visualiza-se tanto a posição atual do cliente quanto a do motorista, desde que

a viagem já tenha sido iniciada; caso contrário, o sistema exibe um modal informando que o trajeto ainda não foi iniciado.

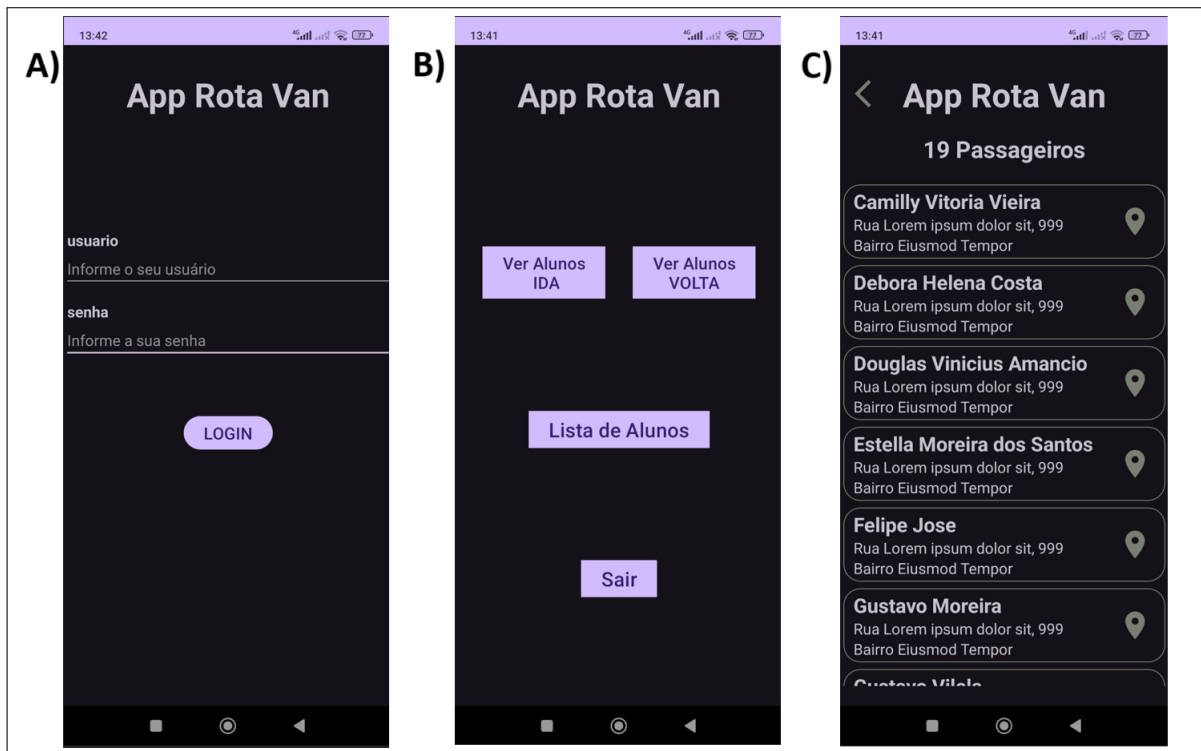


Figura 4 – A) Tela de Login B) Tela Principal do Motorista C) Listagem de Passageiros

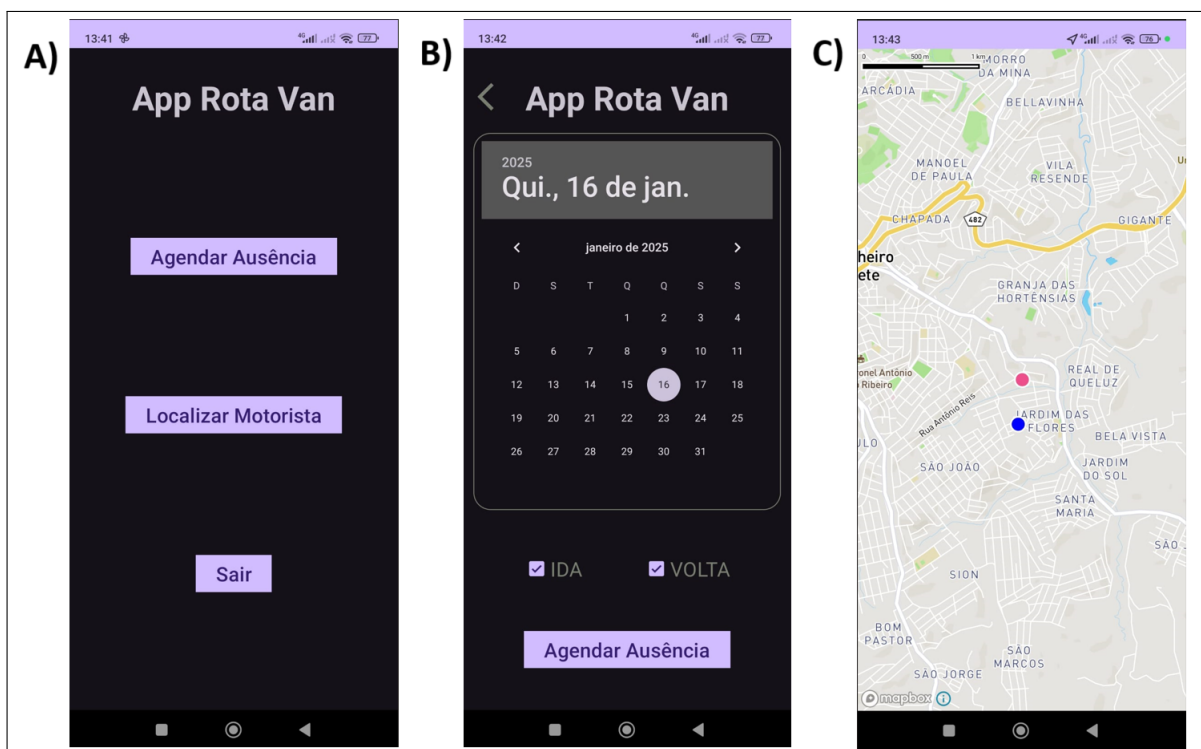


Figura 5 – A) Tela Principal do Cliente B) Tela de Agendar Ausência C) Localização do Motorista

3.3 Testes

Com o objetivo de avaliar a usabilidade e utilidade do protótipo, foi realizado um teste de campo envolvendo alunos de graduação do IFMG Campus Ouro Branco, residentes em Conselheiro Lafaiete, MG, que possuíam celulares Android. Participaram oito usuários, que utilizaram o aplicativo em uma única van no período de 06/01/2025 a 15/01/2025, totalizando dez dias de testes. Durante esse período, os passageiros e o motorista utilizaram o aplicativo e, ao final, responderam a um questionário para avaliar o protótipo. Para esse teste, o aplicativo foi publicado na Play Store. Além disso, foram criadas duas máquinas virtuais na plataforma Google Cloud: uma para a API, com 2 vCPUs e 1 GB de memória RAM, e outra para o banco de dados, com 1 vCPU e 3 GB de RAM.

O questionário aplicado foi composto por 17 perguntas, das quais 10 são baseadas no método SUS (System Usability Scale)(LEWIS; SAURO, 2021), com o objetivo de mensurar o nível de usabilidade do protótipo. Outras quatro questões avaliaram a utilidade das funcionalidades do aplicativo, como agendamento de ausência, localização do motorista, notificações de aproximação e, para o motorista, a lista de passageiros presentes no dia. As três questões finais foram abertas, permitindo que os participantes contribuíssem com comentários e sugestões adicionais sobre o protótipo (Anexo B).

3.4 Resultados

Após a coleta das respostas dos usuários, o escore de usabilidade foi calculado utilizando o método SUS (LEWIS; SAURO, 2021). O aplicativo alcançou uma pontuação de 87,5. A figura 6, apresenta uma forma gráfica de visualizar o escore do aplicativo de acordo com o método SUS, o protótipo ficou na grade A, com o adjetivo “melhor imaginável” e com o nível de aceitação mais alto possível.

Em relação à avaliação das funcionalidades, 50% dos participantes classificam as opções de “agendar ausência” e “localizar motorista” como “úteis”. Já as demais funcionalidades obtiveram avaliações ainda mais positivas. Destaca-se a funcionalidade de notificações de aproximação, considerada “muito útil” por 100% dos respondentes, enquanto a listagem de passageiros presentes no dia, exclusiva do motorista, também foi avaliada como “muito útil” pelo próprio condutor.

Nas questões de formato aberto, os participantes apontaram um conjunto de pontos positivos e oportunidades de melhoria para o aplicativo. Para facilitar a análise, essas respostas foram agrupadas em clusters de acordo com a frequência de menções.

O cluster de aspectos positivos, mostrado figura 7, está centrado em três pilares principais: agendamento de ausência, notificações de aproximação e usabilidade. O agen-

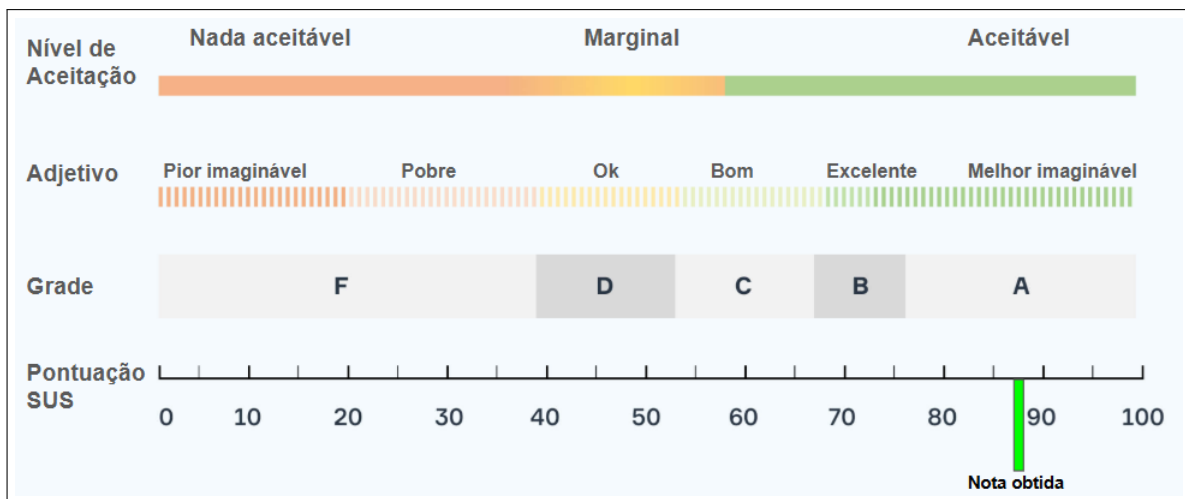


Figura 6 – Representação gráfica da escala SUS

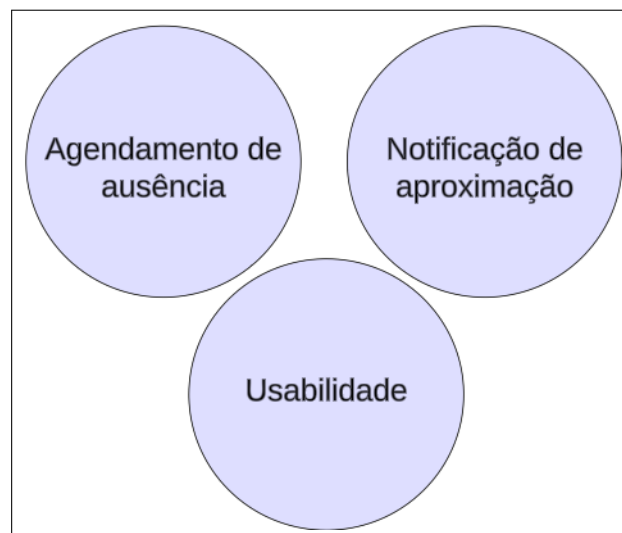


Figura 7 – Cluster de respostas positivas

damento de ausência foi destacado como um recurso essencial para a otimização das rotas, permitindo que motoristas ajustem seus trajetos com base na presença confirmada dos alunos. Isso reduz paradas desnecessárias, economiza combustível e melhora a pontualidade do transporte, tornando a experiência mais eficiente para todos os envolvidos.

As notificações de aproximação foram elogiadas pelos usuários, pois oferecem previsibilidade e reduzem a incerteza sobre o horário de chegada da van. Essa funcionalidade garante que os alunos possam se preparar com antecedência, evitando longos períodos de espera ao ar livre, o que pode ser um fator relevante tanto para o conforto quanto para a segurança dos estudantes.

Já a usabilidade do aplicativo foi descrita como intuitiva e de fácil navegação. Isso é fundamental para que o sistema possa ser adotado por um público diversificado, incluindo alunos de diferentes idades e seus responsáveis.

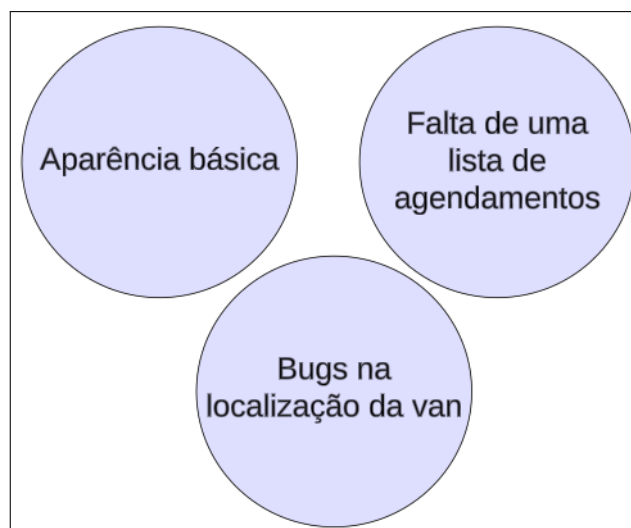


Figura 8 – Cluster de respostas melhorias

A análise do Cluster de respostas de melhorias, mostrado na figura 8, revela três aspectos principais que podem ser aprimorados no APPROTASVAN: aparência básica, falta de uma lista de agendamentos e bugs na localização da van.

A aparência básica do aplicativo foi um dos aspectos mencionados pelos participantes dos testes. Embora a usabilidade tenha sido elogiada, a estética e o design da interface foram considerados simples e pouco atrativos. Isso pode influenciar na adoção da solução, pois um design mais refinado e intuitivo contribui para a aceitação do aplicativo, tornando-o mais agradável e funcional para os usuários.

A falta de uma lista de agendamentos foi identificada como uma limitação. Atualmente, o sistema permite o agendamento de ausência, mas não oferece um meio para os usuários visualizarem, editarem ou cancelarem suas ausências futuras. Isso pode causar frustrações, pois os responsáveis pelos alunos não têm controle total sobre as informações inseridas no sistema.

Além disso, foi observado que, em alguns dispositivos, que o aplicativo não conseguia obter a localização de forma instantânea, comprometendo a eficiência da funcionalidade de rastreamento do motorista. Para mitigar essa questão, é essencial otimizar o código responsável pela captura da localização, garantindo um tempo de resposta mais rápido e uma atualização mais precisa dos dados.

4 Conclusão

O presente trabalho de conclusão de curso possibilitou compreender os desafios enfrentados por pais, alunos e motoristas no transporte escolar, permitindo a proposição de uma solução tecnológica para mitigá-las. A partir de uma revisão sistemática de trabalhos correlatos foi possível identificar os principais desafios desse contexto e explorar abordagens para solucioná-los de forma eficiente.

A metodologia aplicada envolveu o desenvolvimento de um aplicativo móvel para Android, uma API REST utilizando Spring Boot e um banco de dados PostgreSQL com suporte a PostGIS para cálculos geospaciais. Foram implementadas funcionalidades como rastreamento em tempo real do motorista, agendamento de ausências, notificações de início da viagem, proximidade da van e chegada ao destino final, além da listagem de todos os passageiros presentes no dia, buscando proporcionar uma experiência mais eficiente e segura para os usuários.

Os testes realizados indicaram uma recepção positiva do protótipo, com um escore de 87,5 na escala SUS. Além disso, os usuários destacaram a utilidade das notificações de aproximação e do sistema de agendamento de ausência, fatores que contribuíram para maior controle e redução da ansiedade dos usuários. No entanto, foi identificado que a interface visual do aplicativo e a precisão do rastreamento podem ser aprimoradas, além da necessidade de expandir o suporte para outras plataformas além do Android.

5 Trabalhos Futuros

A partir dos feedbacks coletados ao longo dos testes, identificou-se a necessidade de aprimorar e expandir algumas funcionalidades do APPROTASVAN para torná-lo mais eficiente e acessível aos usuários. Como o aplicativo ainda se encontra em fase de prototipação, há espaço para melhorias tanto em termos de usabilidade quanto de otimização das funcionalidades existentes. Dessa forma, alguns aspectos prioritários para trabalhos futuros incluem a implementação de uma lista de agendamentos de ausência, permitindo que os usuários possam visualizar, editar e cancelar ausências previamente programadas, proporcionando maior controle e flexibilidade no gerenciamento do transporte.

Outro ponto de melhoria identificado refere-se ao design e à experiência do usuário, sendo necessário aperfeiçoar a interface gráfica do aplicativo para torná-la mais moderna, intuitiva e acessível, garantindo uma navegação mais fluida para diferentes perfis de usuários. Também se faz necessária a ampliação das opções de agendamento de ausência, permitindo que os responsáveis possam definir múltiplos dias de ausência simultaneamente, configurar ausências recorrentes em determinados dias da semana e receber lembretes sobre os agendamentos programados.

Além dessas melhorias, será fundamental corrigir bugs na funcionalidade de rastreamento da van, garantindo maior precisão na exibição da localização do veículo e melhorando a confiabilidade do sistema.

Referências

AGYEMAN, S.; CHENG, L. Analysis of barriers to perceived service quality in ghana: Students' perspectives on bus mobility attributes. *Transport Policy*, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 9.

AHMED, A. et al. An intelligent and secured tracking system for monitoring school bus. 2019. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8822187>>. Citado 3 vezes nas páginas 3, 11 e 12.

AMMAR, K. et al. A real-time school bus tracking and monitoring system. 2019. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8936199>>. Citado 3 vezes nas páginas 3, 11 e 12.

JISHA, R. C. et al. An android application for school bus tracking and student monitoring system. 2018. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8782320>>. Citado 4 vezes nas páginas 3, 7, 10 e 12.

JOMNONKWAO, S. et al. Perceptions of parents of the quality of the public transport services used by children to commute to school. *Sustainability*, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 10.

KORKMAZ, I. et al. A smart school bus tracking system. 2019. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8909188>>. Citado 3 vezes nas páginas 3, 10 e 12.

LEWIS, J. R. J.; SAURO, J. Item benchmarks for the system usability scale. *Journal of User Experience*, 2021. Citado na página 19.

MAPBOX. *MapBox*. 2024. Disponível em: <<https://www.mapbox.com/>>. Citado na página 15.

SCIENCE, W. of. *Web of Science*. 2024. Disponível em: <<https://www-webofscience-com.ez359.periodicos.capes.gov.br>>. Citado na página 9.

ANEXO A – Documentação dos endpoints da API

address-controller	
POST	/api/address Cria um endereço

Figura 9 – Adress Controller

auth-controller	
POST	/api/auth/register Registra um usuário
POST	/api/auth/login Valida o usuário e retorna o token de acesso

Figura 10 – Auth Controller

client-controller	
PUT	/api/client/update-token/{id}/{token} Atualiza o token do Firebase do cliente informado
POST	/api/client Cria um cliente
GET	/api/client/{id} Busca um cliente
DELETE	/api/client/{id} Deleta um cliente

Figura 11 – Client Controller

driver-controller	
POST	/api/driver Cria um motorista
GET	/api/driver/{id} Busca um motorista
DELETE	/api/driver/{id} Deleta um motorista

Figura 12 – Driver Controller

manage-attendance-controller	
POST	/api/manage-attendance Cria uma ausência de um passageiro
GET	/api/manage-attendance/return/{driverId}/{dateSearch} Busca todos os passageiros que estarão presentes na data informada, na volta
GET	/api/manage-attendance/outward/{driverId}/{dateSearch} Busca todos os passageiros que estarão presentes na data informada, na ida
DELETE	/api/manage-attendance/{id} Deleta uma ausência de um passageiro

Figura 13 – Manage Attendance Controller

passenger-controller		^
POST	/api/passenger	Cria um passageiro
GET	/api/passenger/{id}	Busca um passageiro
DELETE	/api/passenger/{id}	Deleta um passageiro
GET	/api/passenger/near-driver/{driverId}/{dateSearch}/{dist}	Busca todos os passageiros vinculados ao motorista, que estarão presentes na data informada e dentro da distância informada
GET	/api/passenger/client-id/{id}	Busca um passageiro vinculado ao cliente informado
GET	/api/passenger/all-passengers/driver/{driverId}	Busca todos os passageiros vinculados à van do motorista informado

Figura 14 – Passenger Controller

van-controller		^
PUT	/api/van/{driverId}/status/{status}	Muda o status de viagem da van (true-false)
PUT	/api/van/update-current-location/{driverId}	Atualiza a localização atual da van
POST	/api/van	Cria uma van
GET	/api/van/{id}	Busca uma van
GET	/api/van/passenger/{id}	Retorna uma van que está vinculada ao passageiro informado

Figura 15 – Van Controller

ANEXO B – Respostas Questionário

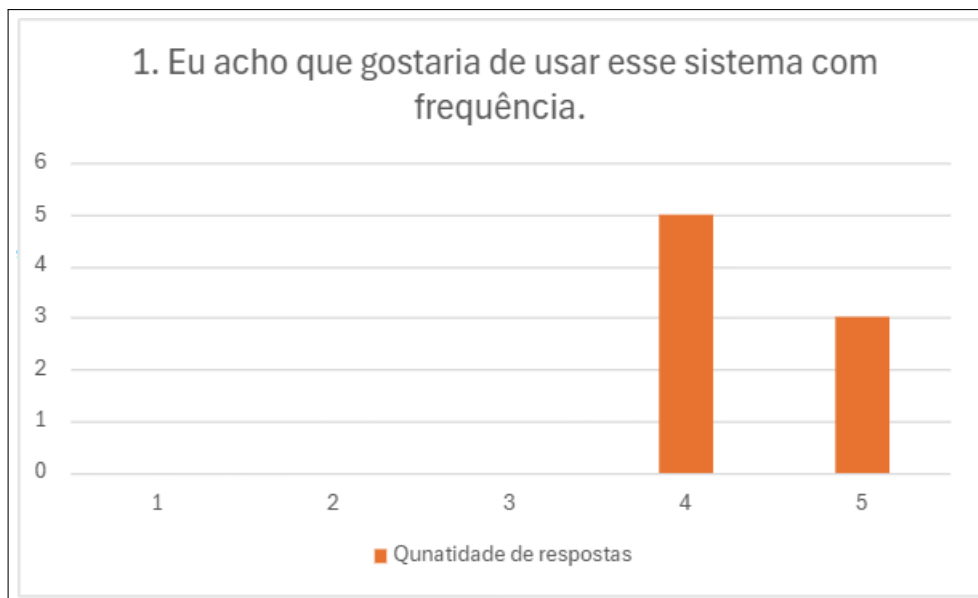


Figura 16 – Pergunta 1

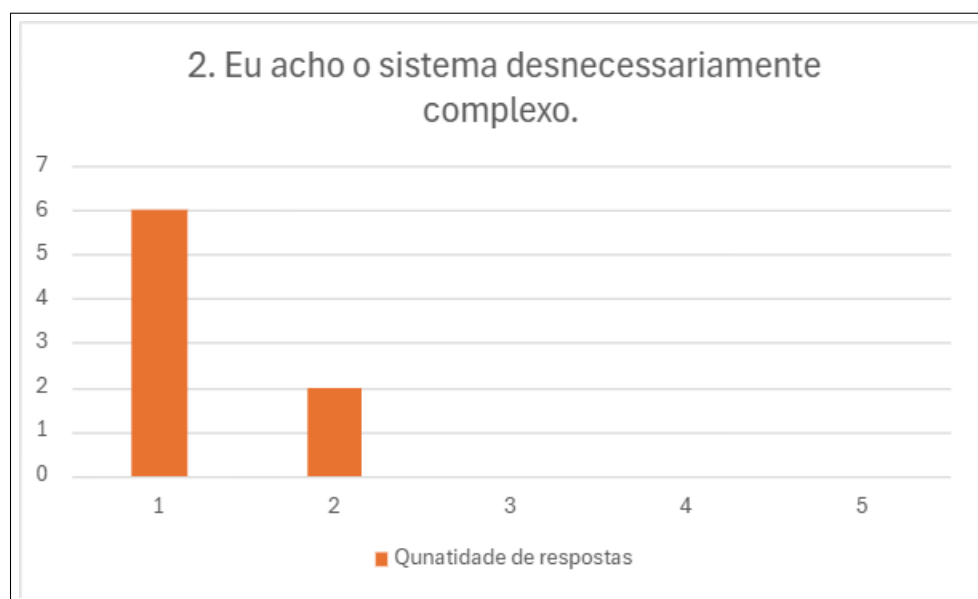


Figura 17 – Pergunta 2

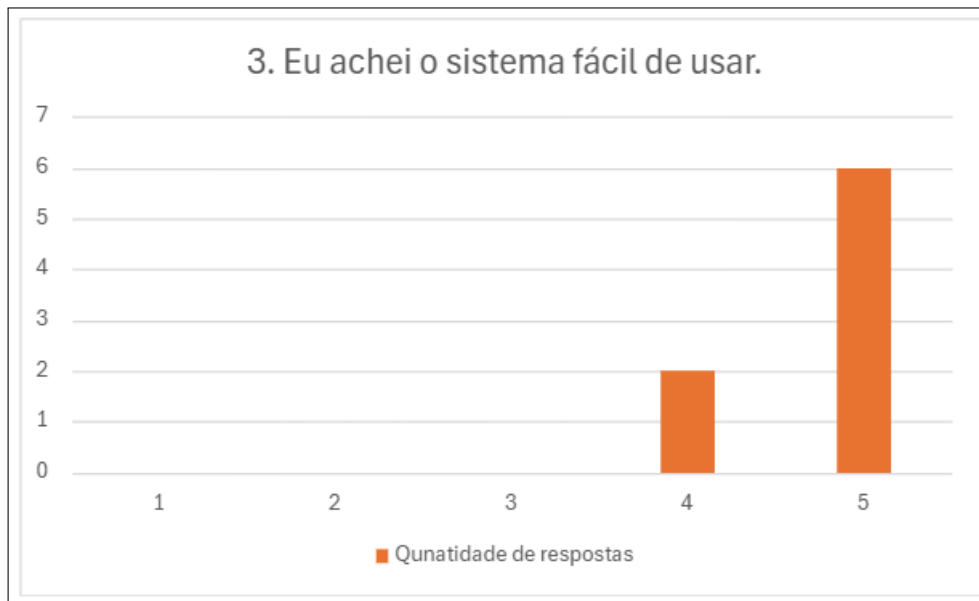


Figura 18 – Pergunta 3

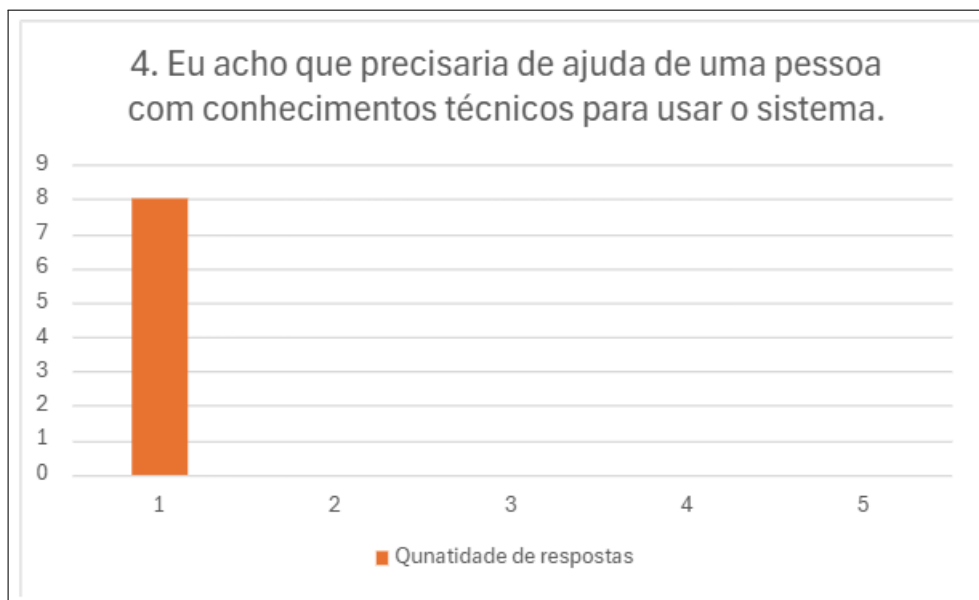


Figura 19 – Pergunta 4

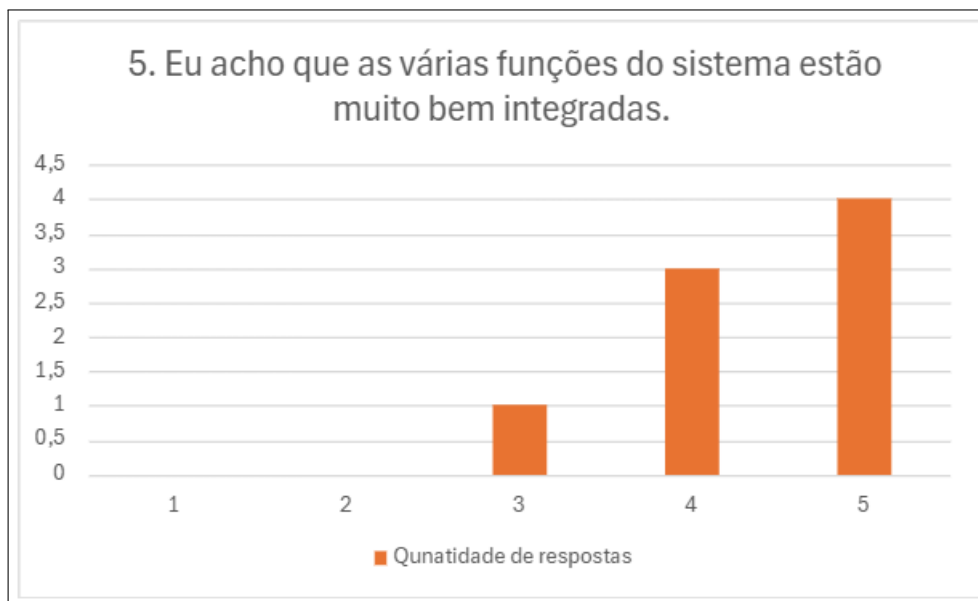


Figura 20 – Pergunta 5

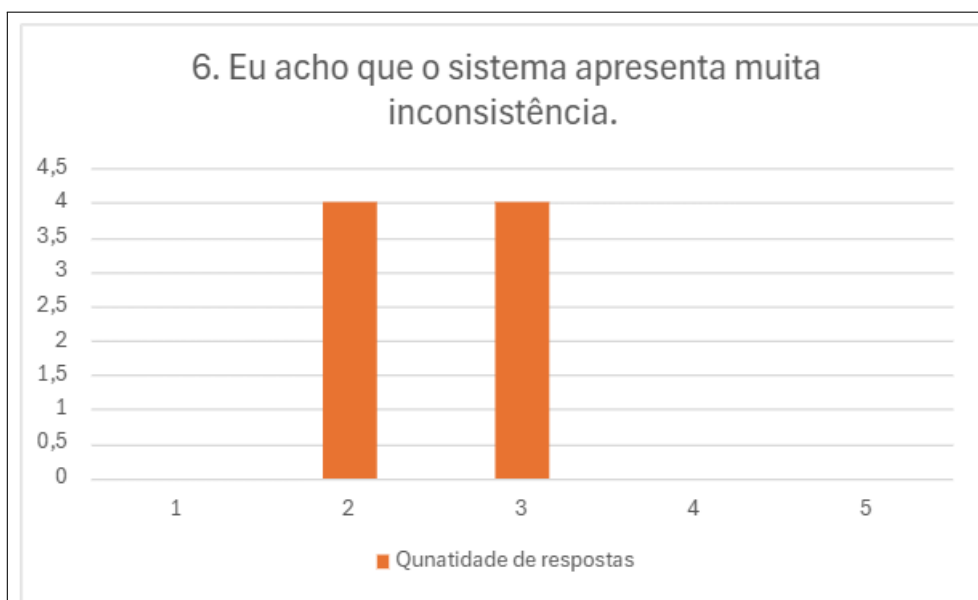


Figura 21 – Pergunta 6

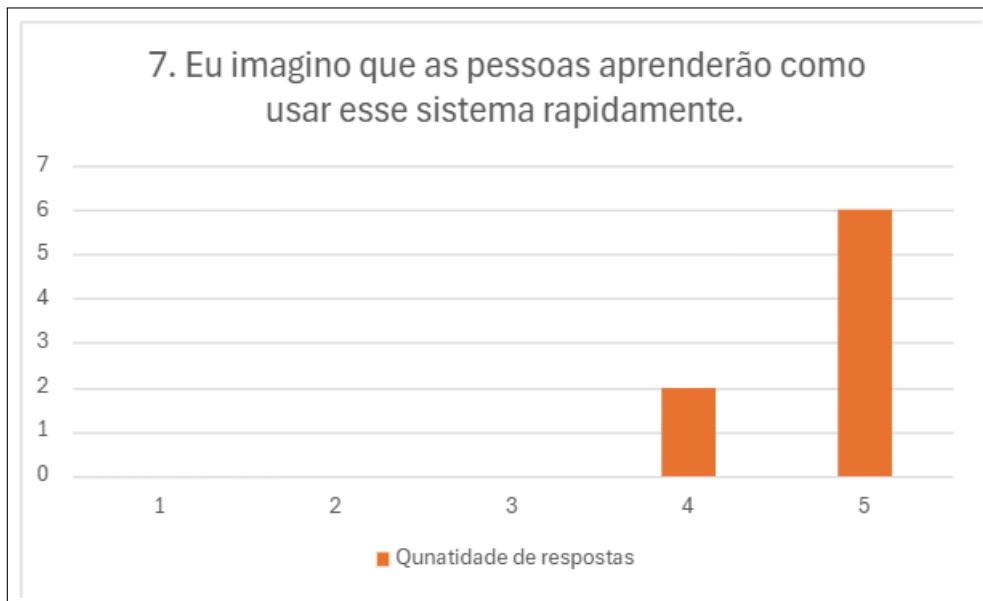


Figura 22 – Pergunta 7

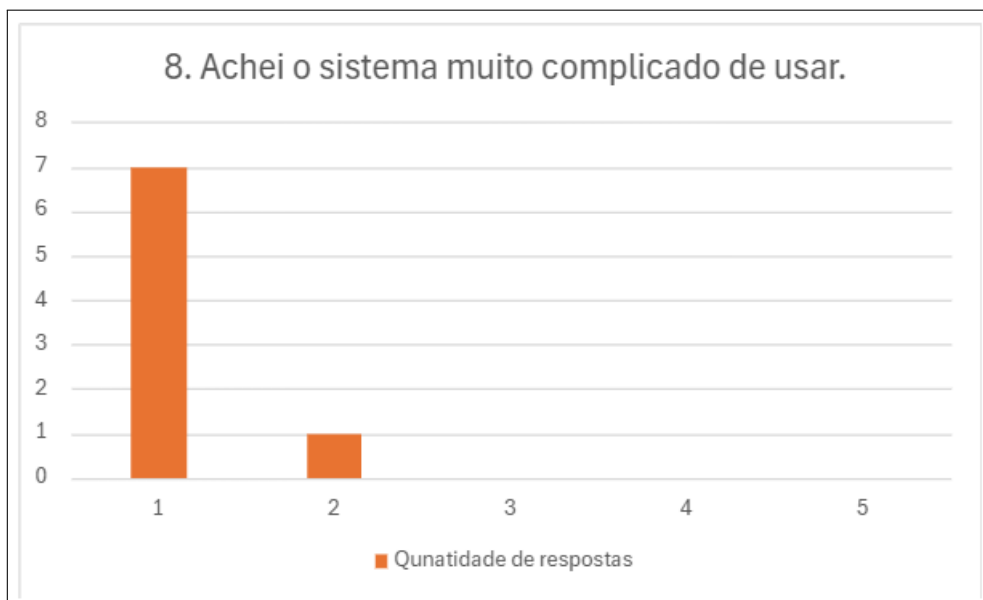


Figura 23 – Pergunta 8

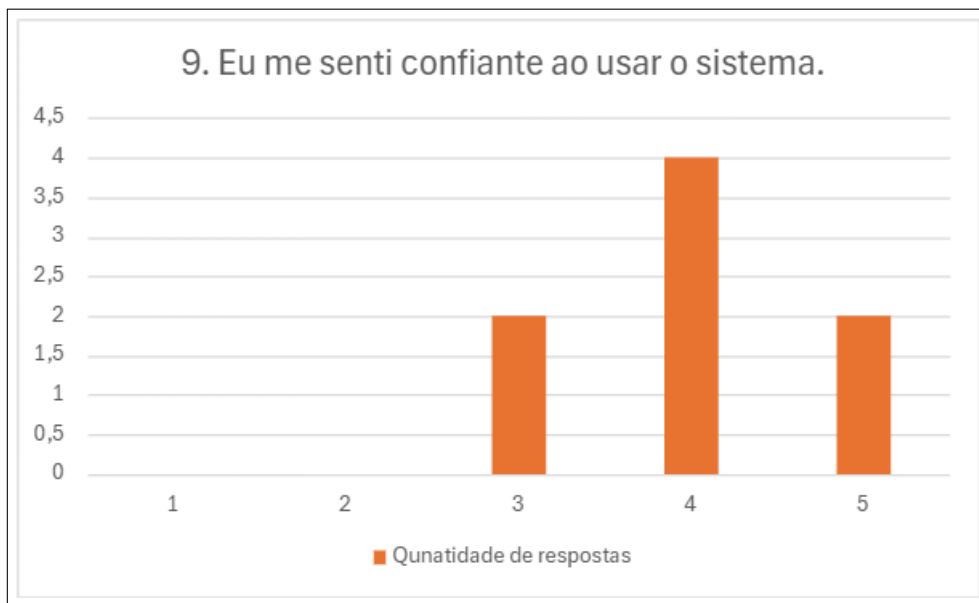


Figura 24 – Pergunta 9

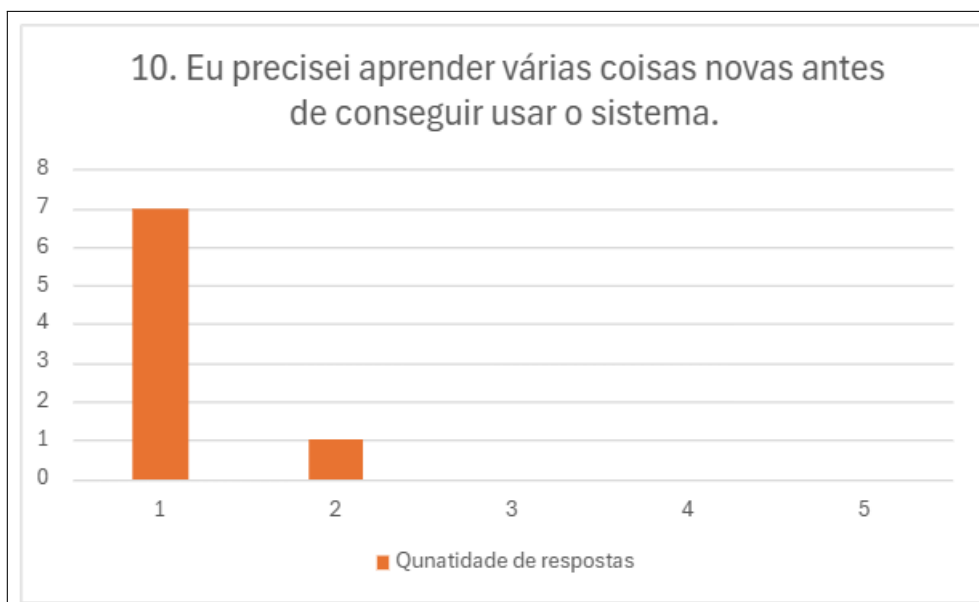


Figura 25 – Pergunta 10

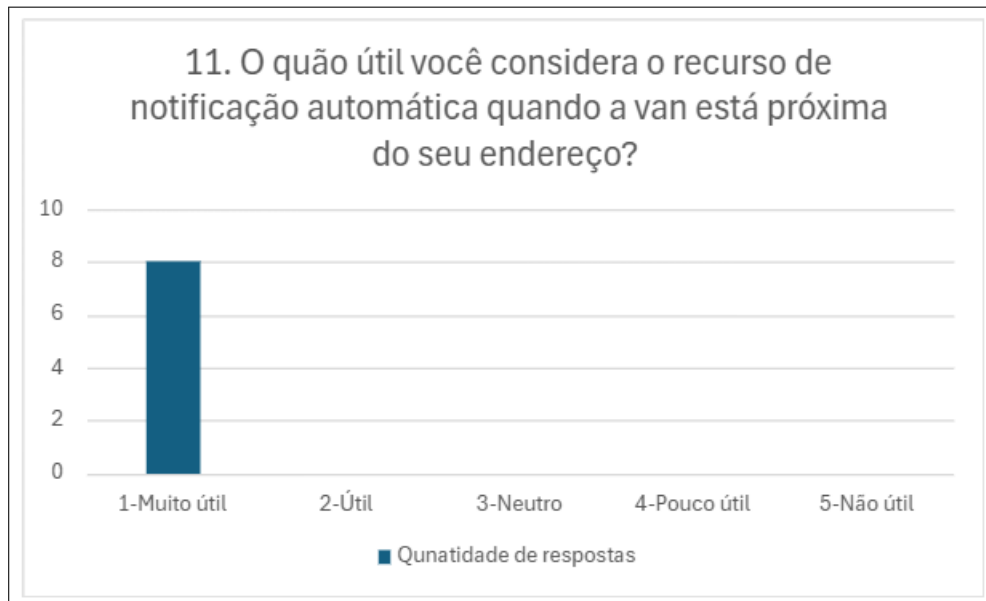


Figura 26 – Pergunta 11

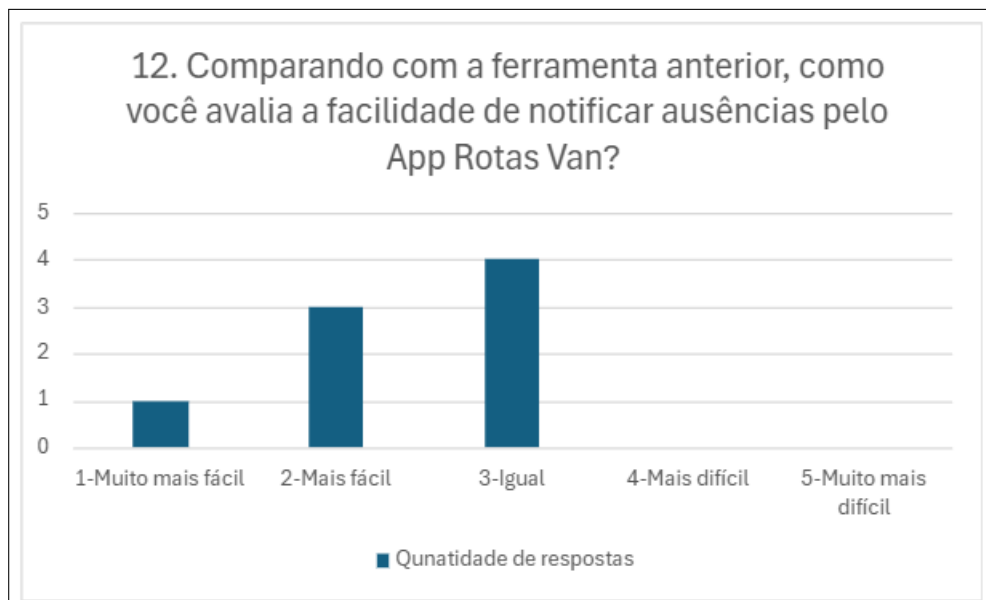


Figura 27 – Pergunta 12

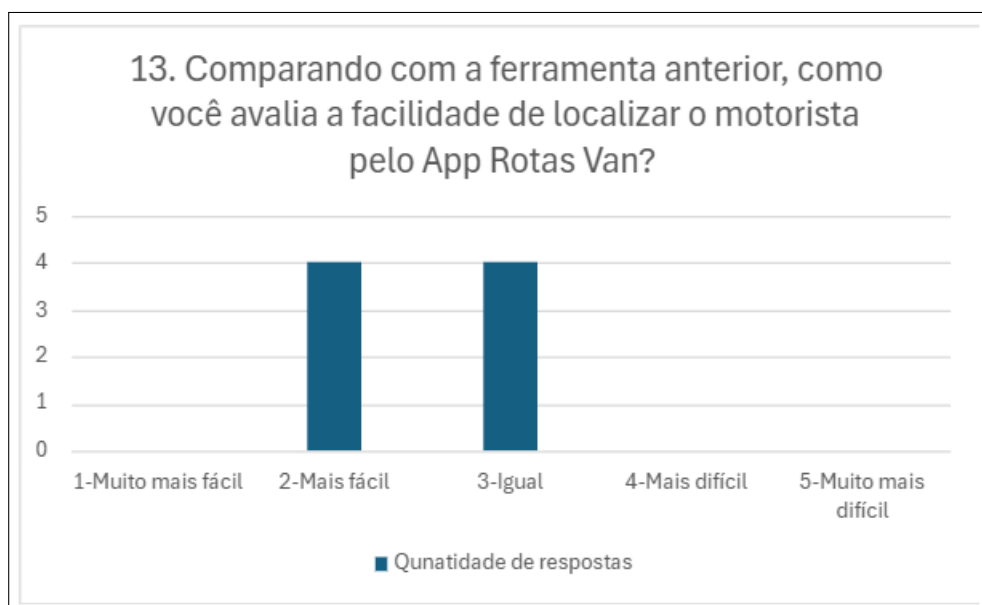


Figura 28 – Pergunta 13