

Tecnologias da informação e comunicação aplicadas ao transporte escolar: inovações e impactos

Information and communications technologies applied to school transportation: innovations and impacts

Tecnologías de la información y la comunicación aplicadas al transporte escolar: innovaciones e impactos

DOI: 10.54033/cadpedv22n1-053

Originals received: 12/06/2024

Acceptance for publication: 12/27/2024

Matheus Henrique Morato de Moraes

Mestre em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Endereço: Aparecida de Goiânia, Goiás, Brasil

E-mail: morato@ufg.br

Lara Batista Ferreira de Lima

Mestra em Geotecnia

Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)

Endereço: Aparecida de Goiânia, Goiás, Brasil

E-mail: lara.batista@ufg.br

Marcos Roriz

Doutor em Informática

Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)

Endereço: Aparecida de Goiânia, Goiás, Brasil

E-mail: marcosroriz@ufg.br

Liosber Medina Garcia

Doutor em Geotecnia

Instituição: Universidade de Brasília (UnB)

Endereço: Aparecida de Goiânia, Goiás, Brasil

E-mail: lmedina@ufg.br

Willer Luciano Carvalho

Doutor em Transportes

Instituição: Universidade de Brasília (UnB)

Endereço: Aparecida de Goiânia, Goiás, Brasil

E-mail: willer_carvalho@ufg.br

RESUMO

Avanços na política e tecnologias de transporte escolar é fundamental para garantir o acesso ao ensino às crianças. Neste sentido, este estudo tem como objetivo investigar como as inovações tecnológicas da informação e comunicação têm sido aplicadas no setor de transporte escolar, com um enfoque na segurança, eficiência e inclusão dos alunos. Para tal, realizou-se uma revisão de literatura sobre tecnologias aplicadas, como sistemas de rastreamento por GPS, aplicativos móveis e softwares de gerenciamento de rotas. Os resultados indicam melhorias significativas na gestão do transporte escolar, com redução de custos operacionais, aumento da segurança e satisfação dos pais, e maior acessibilidade para estudantes de áreas remotas. Essas tecnologias digitalizam as informações, otimizam as rotas dos ônibus, monitoram em tempo real e facilitam a comunicação entre motoristas, escolas e pais. Contudo, a integração desses dados é crucial para evitar retrabalho e permitir o uso de múltiplas ferramentas, beneficiando a criação de políticas públicas, órgãos de controle e a sociedade civil. A padronização de formatos de dados e o respeito às normas de privacidade, como a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), são desafios que precisam ser abordados para consolidar esses benefícios. O estudo conclui que a contínua adoção dessas inovações é essencial para transformar e aprimorar a experiência educacional dos alunos, promovendo um ambiente mais seguro e eficiente.

Palavras-chave: Transporte Escolar. Tecnologias. Inovações. Inclusão Educacional.

ABSTRACT

Advancements in school transportation policies and technologies are fundamental to ensuring access to education for children. In this context, this study aims to investigate how information and communication technology innovations have been applied in the school transportation sector, with a focus on student safety, efficiency, and inclusion. To this end, a literature review was conducted on applied technologies such as GPS tracking systems, mobile applications, and route management software. The results indicate significant improvements in school transportation management, with reduced operational costs, increased safety and parental satisfaction, and greater accessibility for students in remote areas. These technologies digitize information, optimize bus routes, monitor in real-time, and facilitate communication between drivers, schools, and parents. However, the integration of these data is crucial to avoid rework and enable the use of multiple tools, benefiting the creation of public policies, control agencies, and civil society. Standardizing data formats and adhering to privacy regulations, such as the General Data Protection Law (LGPD), are challenges that need to be addressed to consolidate these benefits. The study concludes that the continuous adoption of these innovations is essential to transform and enhance the educational experience of students, promoting a safer and more efficient environment.

Keywords: School Transportation. Technologies. Innovations. Educational Inclusion.

RESUMEN

El avance de las políticas y tecnologías de transporte escolar es fundamental para garantizar el acceso de los niños a la educación. Teniendo esto en cuenta, este estudio pretende investigar cómo se han aplicado las innovaciones de las tecnologías de la información y la comunicación en el sector del transporte escolar, centrándose en la seguridad, la eficiencia y la inclusión de los estudiantes. Para ello, se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica sobre las tecnologías aplicadas, como los sistemas de seguimiento por GPS, las aplicaciones móviles y los programas informáticos de gestión de rutas. Los resultados indican mejoras significativas en la gestión del transporte escolar, con una reducción de los costes operativos, un aumento de la seguridad y de la satisfacción de los padres, y una mayor accesibilidad para los estudiantes de zonas remotas. Estas tecnologías digitalizan la información, optimizan las rutas de los autobuses, controlan en tiempo real y facilitan la comunicación entre conductores, escuelas y padres. Sin embargo, la integración de estos datos es crucial para evitar retrabajos y permitir el uso de múltiples herramientas, en beneficio de la creación de políticas públicas, organismos de control y la sociedad civil. La estandarización de los formatos de datos y el respeto a las normas de privacidad, como la Ley General de Protección de Datos Personales (LGPD), son retos que deben abordarse para consolidar estos beneficios. El estudio concluye que la adopción continua de estas innovaciones es esencial para transformar y mejorar la experiencia educativa de los estudiantes, promoviendo un entorno más seguro y eficiente.

Palabras clave: Transporte Escolar. Tecnologías. Innovaciones. Inclusión Educativa.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, um país de dimensões continentais, apresenta uma significativa concentração de atividades econômicas e população em áreas urbanas, o que resulta em um acesso desigual aos serviços básicos para a população rural. As condições precárias de transporte escolar são uma barreira significativa para o acesso e a retenção de alunos nas escolas rurais, contribuindo para longas horas de viagem, desconforto e riscos de acidentes, que por sua vez, afetam negativamente o desempenho acadêmico dos estudantes (Carvalho *et al.*, 2010).

Os alunos das zonas rurais enfrentam trajetos longos e desgastantes para chegar às escolas, muitas vezes em veículos inadequados e com manutenção insuficiente, percorrendo estradas em péssimas condições. Estas condições

adversas resultam em cansaço e desmotivação, impactando diretamente a frequência e o desempenho escolar (Carvalho; De Sousa Leite; Pereira Nascimento, 2016). Ao mesmo tempo, pela natureza continental do fenômeno, afinal, o transporte escolar está presente em todas as regiões do país, em especial nos municípios mais pobres, o custo para prover melhorias no transporte escolar esbarra em dificuldades orçamentárias, uma vez que tal investimento deve se guiar com isonomia a todos os municípios do país (Medrano *et al.*, 2021).

Diante desses desafios, o transporte escolar tradicional precisa de soluções inovadoras para melhorar a segurança, eficiência e reduzir os custos operacionais. Historicamente, o gerenciamento de rotas e a comunicação entre motoristas, escolas e pais eram processos manuais e propensos a erros. No entanto, com a inserção de tecnologias de informação e comunicação (TICs), surgem novas oportunidades para transformar e otimizar o transporte escolar, promovendo um ambiente mais seguro e eficiente para os alunos. O trabalho de Pramanik *et al.* (2017) mostram que a adoção de TICs têm capacidade de minimizar os problemas no ambiente rural, no entanto os autores destacam que os custos com a infraestrutura inicial podem ser uma barreira para alguns países em desenvolvimento. Isso se aplica ao Brasil, uma vez que há uma discrepância de maturidade tecnológica significativa entre os municípios, como relatado em Przybilovicz *et al.* (2018).

Entretanto, a redução dos custos e avanços no desenvolvimento das TICs têm possibilitado seu uso no ambiente rural (Porru *et al.*, 2020). Aplicações móveis, por exemplo, oferecem funcionalidades avançadas para a gestão de rotas e comunicação. Estas aplicações permitem aos pais monitorar em tempo real o trajeto dos ônibus escolares, aumentando a segurança e confiabilidade (Bandal; Oak, 2019, Hussein *et al.*, 2022). Além disso, sistemas de gerenciamento de transporte utilizam *softwares* sofisticados para a elaboração, otimização e manutenção das rotas dos veículos escolares, contribuindo significativamente para a redução dos custos operacionais e aumento da eficiência (Korkmaz *et al.*, 2019, Ranjani *et al.*, 2022).

A aceitação dessas tecnologias pelos usuários finais é um fator crítico para o seu sucesso. Segundo Wallace e Sheetz (2014), a adoção de medidas de *software* e a aceitação de novas tecnologias podem ser explicadas pelo modelo de aceitação de tecnologia (*Technology Acceptance Model* – TAM), que destaca a importância da utilidade percebida e da facilidade de uso como determinantes principais para a adoção de novas tecnologias. Estes princípios também se aplicam aos sistemas de gerenciamento de transporte escolar, onde a facilidade de uso e a percepção de benefícios diretos podem influenciar significativamente a aceitação e a utilização eficaz dessas tecnologias.

A implementação dessas tecnologias também tem impactos sociais e econômicos importantes. Em comunidades locais, elas melhoram a acessibilidade e inclusão de estudantes de áreas remotas, permitindo um acesso mais equitativo à educação (Ghareeb *et al.*, 2018, Palm; Farber, 2020). Ademais, o retorno sobre o investimento para as escolas e comunidades é significativo, com melhorias nas condições de operação e a melhoria geral na qualidade do serviço de transporte escolar (Medrano; Carvalho, 2021).

Desta forma, é crucial para os planejadores e tomadores de decisão compreender quais são as iniciativas de TICs, bem como os seus impactos, em um sistema complexo como o do transporte escolar. Para compreender este fenômeno, Porru *et al.* (2020) investigaram as oportunidades e desafios das TICs, porém no contexto europeu. Entretanto, observa-se uma lacuna dessas informações no contexto brasileiro.

Diante desses desafios, o transporte escolar tradicional precisa de soluções inovadoras para melhorar a segurança, eficiência e reduzir os custos operacionais. Historicamente, o gerenciamento de rotas e a comunicação entre motoristas, escolas e pais eram processos manuais e propensos a erros. No entanto, com a inserção de tecnologias de informação e comunicação (TICs), surgem novas oportunidades para transformar e otimizar o transporte escolar, promovendo um ambiente mais seguro e eficiente para os alunos. Este artigo tem como objetivo investigar como as TICs têm sido aplicadas no setor de transporte escolar no Brasil, analisando seus impactos na segurança, eficiência e inclusão dos alunos. Para isso, o estudo realiza uma revisão de literatura sobre

as principais tecnologias utilizadas, como sistemas de rastreamento por GPS, aplicativos móveis e softwares de gerenciamento de rotas, e discute os benefícios e desafios de sua implementação no contexto brasileiro.

2 TECNOLOGIAS APLICADAS AO TRANSPORTE ESCOLAR

2.1 RASTREAMENTO, MONITORAMENTO E APLICAÇÕES MÓVEIS

Dentre as principais TICs, destaca-se a popularização daquelas de rastreamento e monitoramento baseadas no Sistema de Posicionamento Global (GPS – Global Positioning System). O GPS utiliza uma rede de satélites para determinar a localização precisa de veículos em qualquer lugar do mundo, possibilitando o desenvolvimento de sistemas de rastreamento em tempo real. Esses sistemas permitem que administradores e pais monitorem a localização dos veículos escolares através de aplicativos ou plataformas online (Swarna; S; N, 2018).

As funcionalidades avançadas dessas TICs incluem monitoramento em tempo real, visualização da localização atual do veículo, e identificação rápida de desvios ou atrasos. O histórico de rotas facilita a análise e otimização de trajetos para operações futuras. Alertas de segurança enviam notificações instantâneas em caso de desvios não autorizados, paradas imprevistas ou emergências, enquanto a funcionalidade de *geofencing* define perímetros virtuais e envia alertas quando o veículo entra ou sai dessas áreas (Jaya *et al.*, 2021, Perusomula *et al.*, 2023, Raikar *et al.*, 2023).

Estudos de caso demonstram a eficácia dessas tecnologias. Por exemplo, no município de Campos dos Goytacazes, no Estado do Rio de Janeiro, a implementação de um sistema de monitoramento por GPS nos veículos escolares resultou em maior segurança e economia. O rastreamento em tempo real garantiu o cumprimento das rotas planejadas, reduzindo o risco de desvios ou atrasos. Além disso, os dados coletados ajudaram na otimização das rotas, diminuindo o consumo de combustível e os custos operacionais, proporcionando

mais tranquilidade aos pais e eficiência na gestão do transporte escolar (Uhl, 2024).

A popularização dos *smartphones* tem permitido que aplicações móveis desempenhem um papel crucial na modernização e eficiência do transporte escolar. Esses aplicativos oferecem diversas funcionalidades que facilitam a gestão de rotas, motoristas e escolas, aumentando a segurança e a eficiência do transporte. Há aplicativos que permitem a criação, otimização e monitoramento em tempo real das rotas dos ônibus escolares, assegurando que os veículos sigam os caminhos mais eficientes e seguros (Korkmaz *et al.*, 2019).

Um exemplo prático é o aplicativo proposto por Raj e Sankar (2017) que rastreia e avalia o desempenho dos motoristas com o intuito de garantir a segurança e a pontualidade no transporte dos estudantes. Outro exemplo é o *School Bus Tracker*, uma ferramenta móvel proprietária que foi projetada para monitorar ônibus em tempo real, permitindo que usuários acompanhem a localização exata dos veículos em um mapa. Ele oferece notificações sobre a chegada dos ônibus, mudanças de rota e atrasos, melhorando a comunicação e a pontualidade (GB Tech Corp, 2023).

Outro aplicativo é o *RouteOptimizer*, uma ferramenta projetada para otimizar rotas de transporte em tempo real, analisando dados de tráfego para ajustar automaticamente os trajetos dos veículos. Ele permite que os usuários acompanhem a localização dos veículos, recebam notificações sobre alterações de rota e atrasos, e acessem um histórico detalhado de viagens para melhorar continuamente a eficiência do transporte escolar (Meyer, 2023).

Percebe-se que a utilização de aplicativos móveis no transporte escolar resulta em diversos benefícios tangíveis. Através da análise em tempo real e algoritmos avançados, os aplicativos garantem que os ônibus escolares utilizem os trajetos mais eficientes, reduzindo o tempo de viagem e o consumo de combustível. Essas TICs não apenas melhoram a eficiência e a segurança do transporte escolar, mas também promovem uma comunicação mais eficaz entre todas as partes envolvidas, criando um ambiente mais seguro, confiável e bem-organizado para os estudantes.

2.2 SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE TRANSPORTE ESCOLAR

Os sistemas de gerenciamento de transporte escolar são ferramentas essenciais para planejar e gerir com eficiência o serviço de transporte escolar. Utilizando *softwares* avançados, esses sistemas planejam, digitalizam e otimizam dados referentes ao transporte escolar, tais como mapa de alunos atendidos e a quilometragem exata de um trajeto de uma rota., resultando em benefícios significativos, como a redução de custos operacionais e o aumento da eficiência.

Essas TICs são fundamentais para a digitalização, elaboração e otimização de rotas, especialmente no contexto do transporte escolar. Considerando uma variedade de fatores como o número de estudantes, endereços de embarque e desembarque, horários e condições de tráfego, essas ferramentas criam rotas eficientes, economizando tempo e combustível.

Um exemplo pioneiro desses sistemas é o desenvolvido por Chen *et al.* (1990), que desenvolveram um *software* de mapeamento capaz de importar e atualizar mapas de estradas digitalizados. Esse sistema tinha como objetivo reduzir o número de ônibus necessários e a distância percorrida pela frota através de uma abordagem de sistema especialista. Ele permitia a participação ativa dos planejadores no processo de roteamento, gerando rotas que visavam reduzir os custos operacionais e a distância percorrida pela frota. O sistema foi aplicado com sucesso em um distrito escolar rural real, mostrando que a aplicação de tecnologia no gerenciamento de transporte pode resultar em economias significativas e melhorias na eficiência. Embora desenvolvido há mais de três décadas, os princípios desse sistema precursor ainda são válidos e encontram paralelos nas tecnologias modernas discutidas neste estudo, como o uso de GPS e *softwares* avançados de gerenciamento de rotas.

Estudos demonstram a eficácia desses modelos de otimização. Eguizábal *et al.* (2018) desenvolveram um modelo que foca na eficiência econômica e social do transporte escolar. Este modelo considera a minimização dos custos de transporte e do tempo total de viagem dos estudantes, resultando em uma redução de custos entre 2,7% e 35,1% em comparação com as rotas atuais.

Um exemplo adicional é o uso de GPS para melhorar a roteirização e o agendamento de ônibus escolares. Rhoulac *et al.* (2001) investigaram essa abordagem na Carolina do Norte, desenvolvendo modelos precisos de tempos de viagem e de carga de estudantes. A coleta de dados em tempo real permitiu a criação de rotas mais eficientes, otimizando tempos e velocidades com base em informações reais coletadas por GPS.

Além disso, a integração de tecnologias de transporte inteligente tem mostrado resultados significativos. Choudhry e Khan (2001) realizaram um estudo de simulação que avaliou o impacto dos sistemas de orientação e agendamento de rotas no desempenho das operações de coleta e entrega de correio urbano. Eles concluíram que a implementação dessas inovações pode resultar em economias substanciais de tempo, otimizando as operações de entrega.

Outro exemplo de sucesso é apresentado por Grzybowska e Barceló (2012) propuseram um Sistema de Apoio à Decisão (DSS) para a gestão de frotas em áreas urbanas, que integra modelos de roteirização e simulação de tráfego dinâmico. Este sistema permite ajustes em tempo real nos planos de roteirização e agendamento com base em novas informações sobre as condições de tráfego, melhorando significativamente a eficiência do transporte.

2.3 CONTEXTO BRASILEIRO

Antes de explorar quais são e os impactos das TICs no transporte escolar brasileiro é preciso compreender que esses fatores são modulados pela maturidade tecnológica dos municípios, ou sejam, terão maior ou menor efetividade conforme as condições de infraestrutura tecnológica e de sua implantação nos processos dos municípios. Para entender esse fenômeno, Przybilovicz *et al.* (2018) mapearam e categorizaram o nível tecnológico dos municípios brasileiros. Os autores relataram que 2044 (40,31%) dos 5070 municípios brasileiros podem ser categorizados como excluídos digitalmente ou sem tecnologia, isto é, pouco possuem ou empregam TICs em sua gestão. A maior parte desses municípios se concentram na região nordeste.

Semelhantemente, o estudo de Roriz Junior *et al.* (2023) analisaram a qualidade da digitalização da malha viária brasileira na plataforma OpenStreetMaps. Esse dado é importante pois serve como fundação para as TICs de planejamento e otimização de rotas. Apesar de uma completude significativa, há falhas constantes nas últimas milha das rotas rurais, como na entrada de fazendas e vias locais rurais.

A maturidade tecnológica é um fator importante para a efetividade da implantação das TICs. Neste sentido, é importante ter este aspecto como âncora para analisar as TICs existentes no transporte escolar brasileiro.

3 TICS NO TRANSPORTE ESCOLAR BRASILEIRO

3.1 EXEMPLOS DE SOFTWARE UTILIZADOS

Apesar das dificuldades, o emprego das TICs no gerenciamento e otimização do transporte escolar tem avançado e se mostrado essencial para aumentar a eficiência e a segurança do serviço. Diversos programas estão disponíveis no mercado, cada um oferecendo funcionalidades específicas que atendem a diferentes necessidades dos municípios. A seguir, são apresentados os principais *softwares* utilizados no transporte escolar, destacando suas principais características e benefícios.

3.1.1 SETE - Sistema Eletrônico de Gestão do Transporte Escolar

Desenvolvido pela Universidade Federal de Goiás (UFG) em parceria com Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), o SETE - Sistema Eletrônico de Gestão do Transporte Escolar (FNDE, UFG, 2024) é um sistema gratuito que visa aprimorar a gestão do transporte escolar no Brasil. Esta ferramenta tecnológica oferece uma plataforma abrangente para organizar e monitorar todos os aspectos relacionados ao transporte de estudantes. O SETE permite o cadastro detalhado de veículos, registrando especificações técnicas, manutenção e vistorias, além de planejar e otimizar rotas escolares

considerando diversos critérios como distância, condições das estradas e número de estudantes atendidos. O sistema também gera e gerencia pontos estratégicos de embarque e desembarque, otimizando o percurso e reduzindo o tempo de viagem. Com funcionalidades para gerar relatórios detalhados e análises de desempenho, facilita a tomada de decisões e a implementação de melhorias, aumentando a transparência e a prestação de contas às comunidades e autoridades. Um aspecto importante do SETE é sua modularidade. Isso permite que municípios com diferentes níveis de maturidade tecnológica possam acessar a ferramenta. Por exemplo, não é necessário georreferenciar os alunos para usar os módulos de relatórios e custos. Ao mesmo tempo, uma das limitações se dá pelo sistema ainda não possuir um aplicativo móvel estável que interligue com as versões *web* e *desktop*.

3.1.2 SIGET

O SIGET - Sistema de Gestão do Transporte Escolar, desenvolvido pelo Governo do Paraná (2024), é uma solução que otimiza a gestão do transporte escolar no estado. Utilizando algoritmos avançados, o SIGET planeja rotas considerando distâncias, condições das estradas e horários escolares, possibilitando ajustes dinâmicos em tempo real. Suas ferramentas para monitorar a manutenção dos veículos, registrar inspeções e gerenciar o consumo de combustível ajudam a prolongar a vida útil dos veículos e a reduzir custos operacionais. O sistema facilita a comunicação entre gestores, motoristas e pais por meio de notificações em tempo real, aumentando a segurança e a confiança no serviço. Implementações bem-sucedidas no Paraná mostram reduções significativas nos tempos de viagem e custos operacionais, além de melhorias na satisfação dos pais e na segurança dos alunos. Apesar de ser gratuito sua abrangência se limita ao estado do Paraná. Um ponto forte é a integração com outras TICs do estado. Essa integração evita a necessidade de duplicar dados. Porém, o mesmo ponto pode ser visto de forma negativa, pois o sistema segue os processos do estado do Paraná para possibilitar a integração

com as demais TICs. Isto pode engessar o sistema o que dificulta a adoção em estados que possuem diferenças em sua gestão do transporte escolar.

3.1.3 Transcolar

O Transcolar (2024) é uma plataforma de gestão de transporte escolar desenvolvida pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) que oferece uma solução abrangente para otimizar a administração e operação de frotas escolares, promovendo maior eficiência operacional e segurança. Utilizando algoritmos avançados para o planejamento de rotas, o Transcolar assegura trajetos mais eficientes e econômicos, com a possibilidade de ajustes dinâmicos em tempo real. Suas funcionalidades abrangem ferramentas para monitorar a manutenção dos veículos, registrar inspeções, e gerenciar o consumo de combustível, prolongando a vida útil dos veículos e reduzindo os custos operacionais. Implementações do Transcolar demonstram reduções significativas nos tempos de viagem e custos operacionais, além de melhorias na satisfação dos pais e na segurança dos alunos. Observa-se um enfoque do sistema na otimização e custo das rotas, operações que dependem do georreferenciamento dos alunos e da qualidade da malha viária digitalizada. Para mitigar a dificuldade de obtenção desses dados, o sistema tem realizado parceria com outras agências, como empresas de energia elétrica, como forma de obter a localização dos estudantes. Porém, nem sempre isso é possível e a dificuldade da obtenção do georreferenciamento pode obstaculizar a implantação desta TIC, principalmente quando se considera a maturidade tecnológica da gestão dos municípios brasileiros, como relatado em Przybilovicz *et al.* (2018).

3.1.4 Frotus

O Frotus (2024) é um *software* proprietário de gestão de frotas que otimiza o transporte escolar, proporcionando maior eficiência operacional e segurança. Com algoritmos avançados para planejamento de rotas, o Frotus garante trajetos

mais eficientes e econômicos, permitindo ajustes dinâmicos em tempo real. Suas funcionalidades abrangem ferramentas para monitorar a manutenção dos veículos, registrar inspeções e gerenciar o consumo de combustível, aumentando a vida útil dos veículos e reduzindo custos operacionais. A comunicação em tempo real sobre atrasos e mudanças de rota aumenta a segurança e a confiança dos pais no sistema. Relatórios detalhados e análises de desempenho fornecem dados valiosos para decisões estratégicas, assegurando conformidade com regulamentações. Implementações do Frotus demonstram reduções significativas nos tempos de viagem e custos operacionais, além de melhorias na satisfação dos pais e segurança dos alunos.

3.1.5 Enkad

Especializado em gerenciamento de transporte escolar, o Enkad (2024) é um sistema licenciado que oferece funcionalidades abrangentes para otimizar operações e aumentar a segurança e eficiência do serviço. Com algoritmos avançados, o Enkad planeja rotas considerando distâncias, condições das estradas e horários escolares, possibilitando ajustes dinâmicos em tempo real. Suas ferramentas monitoram a manutenção dos veículos, registram inspeções e gerenciam o consumo de combustível, prolongando a vida útil dos veículos e reduzindo custos operacionais. A comunicação em tempo real sobre atrasos e mudanças de rota aumenta a confiança dos pais no sistema. Relatórios detalhados e análises de desempenho ajudam na tomada de decisões estratégicas e asseguram conformidade com regulamentações. Escolas que utilizam o Enkad relatam reduções significativas nos tempos de viagem e custos operacionais, além de melhorias na satisfação dos pais e segurança dos alunos.

3.1.6 Sister

O Sister (Sistema Integrado Para Transporte Escolar) (SisterApp, 2024) é um sistema proprietário voltado primariamente ao planejamento e a operação do transporte escolar. Há um enfoque no aspecto operacional, como no controle de

presença dos estudantes e do trajeto da rota, isto é, se há ou não violação ao percurso estipulado. Um aspecto positivo é a disponibilização de diversos aplicativos móveis, tanto para motoristas, quanto para alunos. O sistema possui integração com outras TICs, como o SETE, mencionando anteriormente. O aspecto negativo fica por conta de ser uma solução paga, o que pode ser um impedimento para os municípios que não possuem um orçamento dedicado ao transporte escolar.

3.1.7 Estudos de caso da utilização desses softwares

A utilização de softwares de roteirização no transporte escolar tem mostrado resultados promissores em diversos estudos de caso. Nobre e Nascimento (2023) apresentaram um modelo de roteirização que utiliza novas tecnologias, como os softwares TRANSCOLAR e o SETE, para maximizar a eficiência e minimizar os custos das rotas no transporte escolar rural, um fator crucial para a melhoria do serviço. Esses estudos reforçam a importância da contínua pesquisa e desenvolvimento na área para garantir os máximos benefícios dessas tecnologias.

Jesus *et al.* (2023) investigaram os desafios na gestão do transporte escolar no Brasil, utilizando dados do SETE para analisar a idade média da frota, o número de alunos georreferenciados, a quilometragem média das rotas e a quantidade de veículos. Os resultados indicaram que a fiscalização da qualidade e regularidade do transporte escolar ainda é um desafio significativo, com a gestão atual não alcançando completamente seus objetivos de oferecer um serviço de qualidade aos alunos. O SETE tem se mostrado uma ferramenta essencial para monitorar e gerenciar o transporte escolar, permitindo a coleta e análise de dados fundamentais para a tomada de decisões mais informadas e eficiente.

Costa e Mineiro (2023) também destacaram a importância do SETE na gestão dos recursos do Programa Nacional de Apoio ao Transporte Escolar (PNATE). O SETE auxilia na gestão transparente dos recursos, proporcionando uma visão clara sobre a aplicação dos fundos e a manutenção da frota,

garantindo que os estudantes em áreas rurais tenham acesso a um transporte escolar de qualidade. O uso do SETE permite uma gestão mais eficiente e transparente, facilitando a fiscalização e o controle social através do Conselho de Acompanhamento e Controle Social do FUNDEB (CACCS/FUNDEB), que analisa e acompanha as prestações de contas.

Gonçalves e Wanzinack (2021) destacaram a importância do SIGET para calcular o custo aluno por quilômetro, baseado em dados fornecidos pelo município. A pesquisa em Guaratuba - PR demonstrou que a utilização do SIGET contribui para a eficiência e segurança no transporte escolar, apesar das diversas irregularidades encontradas nos veículos inspecionados.

Esses estudos destacam a importância das novas tecnologias e da gestão eficiente para a melhoria do transporte escolar, destacando a necessidade de fiscalização rigorosa e contínua pesquisa para alcançar um serviço de qualidade.

4 IMPACTOS SOCIAIS E ECONÔMICOS

A implementação de TICs no transporte escolar tem gerado mudanças significativas nas comunidades locais. A adoção de sistemas de rastreamento por GPS, aplicativos móveis e softwares de gerenciamento de rotas têm contribuído para uma operação mais eficiente. Essas tecnologias permitem um monitoramento constante dos veículos, a otimizando das rotas e garantem que os ônibus escolares operem de maneira mais eficiente. Como resultado, há uma redução no tempo de viagem dos estudantes e no consumo de combustível, promovendo uma operação mais sustentável e econômica.

Além disso, a digitalização das informações traz avanços na transparência das operações. Sistemas de gestão e monitoramento contínuo transformaram a forma como o governo e as agências de controle inspecionam os municípios. Antes, as inspeções eram manuais e esporádicas, limitadas ao governo e às agências de controle interno. Agora, é possível validar continuamente se as operações estão sendo executadas conforme acordado, tornando o transporte escolar auditável de maneira mais ágil, semelhante ao trabalho desenvolvido pelos Conselhos de Acompanhamento e Controle Social (CACCS) do Fundo de

Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (FUNDEB). Mynenko e Lyulyov (2022) destacam que a digitalização pode aumentar a transparência das autoridades públicas, facilitando o acesso a informações e serviços através de tecnologias digitais, como portais web e documentos eletrônicos, promovendo a transparência, a eficiência e a responsabilização na administração pública.

A informatização facilita a manutenção de um histórico preciso e acessível de dados, essencial durante transições de governo, independentemente de mudanças na administração municipal. Com as novas tecnologias, é possível validar continuamente a execução das operações, aumentando a confiabilidade e eficiência dos serviços prestados. Essas inovações contribuem para uma gestão mais transparente e eficaz, proporcionando benefícios duradouros tanto para os gestores públicos quanto para a população atendida.

No entanto, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios como integração, georreferenciamento e malha viária (Nadezhdin *et al.*, 2022, Vorobyev *et al.*, 2022). A integração de diferentes sistemas tecnológicos pode ser complexa e exigir recursos substanciais para garantir que todas as partes envolvidas possam acessar e utilizar as novas ferramentas de forma eficaz. Além disso, o georreferenciamento, crucial para o planejamento e otimização de rotas, pode ser difícil devido à falta de dados precisos em áreas rurais e remotas. A qualidade e a completude da malha viária digitalizada são outro desafio, pois muitas estradas rurais e locais não estão bem documentadas, dificultando a criação de rotas eficientes e seguras. Superar esses desafios é essencial para maximizar os benefícios das novas tecnologias e promover um transporte escolar mais seguro e eficiente.

Exemplos práticos, como os observados em Campos dos Goytacazes, no Estado do Rio de Janeiro, destacam os benefícios tangíveis dessas tecnologias. A implementação de um sistema de monitoramento por GPS nos veículos escolares resultou em maior segurança e economia. Esse sistema permite o rastreamento em tempo real dos ônibus, garantindo que sigam rotas planejadas e reduzindo o risco de desvios ou atrasos. Além disso, os dados coletados pelo GPS auxiliam na otimização das rotas, diminuindo o consumo de combustível e

os custos operacionais. Essas melhorias proporcionam um ambiente educacional mais inclusivo e acessível, demonstrando que a tecnologia pode efetivamente reduzir atrasos, melhorar a segurança e aumentar a eficiência.

A utilização do SETE apresenta diversos benefícios tangíveis. Primeiramente, a ferramenta promove uma gestão mais transparente e eficiente, facilitando a tomada de decisões e a implementação de melhorias. Relatórios detalhados e análises de desempenho fornecem dados valiosos para gestores, ajudando na identificação de áreas que necessitam de ajustes e na promoção de um serviço de transporte escolar mais seguro e eficiente. Possibilitando o georreferenciamento das rotas que propicia maior controle da operação, maior possibilidade de conferência entre o realizado e o pactuado, e maior assertividade no momento de cálculo do valor pago na rota.

Em conclusão, o SETE representa melhorias na gestão do transporte escolar no Brasil. Sendo uma ferramenta gratuita e de adesão nacional, ele democratiza o acesso a tecnologias avançadas, permitindo que escolas de diferentes regiões possam otimizar suas operações e melhorar a segurança e eficiência do transporte escolar. A contínua utilização e aprimoramento do SETE e de outros sistemas de gestão são essenciais para maximizar os benefícios dessas tecnologias e promover um ambiente educacional mais seguro e inclusivo. A adoção contínua de novas tecnologias no transporte escolar não apenas resolve problemas tradicionais, mas também abre caminho para inovações futuras que podem transformar a experiência educacional dos alunos. De acordo com Nascimento e Nobre (2023), um modelo de roteirização utilizando software e novas tecnologias pode maximizar a eficiência e minimizar os custos das rotas do transporte escolar rural, o que é crucial para a melhoria do serviço. A contínua pesquisa e desenvolvimento nessa área são essenciais para maximizar os benefícios dessas tecnologias.

5 CONCLUSÃO

A implementação de tecnologias no transporte escolar tem se mostrado essencial para a modernização e eficiência desse serviço vital. As inovações

tecnológicas, como sistemas de rastreamento por GPS, aplicativos móveis e softwares de gerenciamento de rotas, otimizam operações e aumentam a segurança e eficiência através do monitoramento constante e em tempo real dos veículos escolares. Além disso, a comunicação entre motoristas, escolas e pais é facilitada, promovendo um ambiente mais seguro e confiável para os alunos.

O SETE, desenvolvido pela UFG em parceria com o FNDE, representa um marco significativo na gestão do transporte escolar no Brasil. Gratuito e de adesão nacional, o SETE oferece uma plataforma abrangente que permite o cadastro detalhado de veículos, registrando especificações técnicas, manutenção e vistorias. Além disso, ele planeja e otimiza rotas escolares considerando diversos critérios, como distância, condições das estradas e número de estudantes atendidos.

O SETE também gera e gerencia pontos estratégicos de embarque e desembarque, otimizando o percurso e reduzindo o tempo de viagem dos alunos. Com funcionalidades para gerar relatórios detalhados e análises de desempenho, o sistema facilita a tomada de decisões e a implementação de melhorias, aumentando a transparência e a prestação de contas às comunidades e autoridades. A utilização do SETE apresenta diversos benefícios tangíveis, promovendo uma gestão mais transparente e eficiente, além de contribuir para a inclusão de estudantes de áreas remotas, melhorando o acesso à educação e promovendo a equidade.

Os sistemas de gerenciamento de transporte escolar (SGT), como o SETE e outros softwares avançados, são essenciais para a otimização e eficiência do serviço de transporte oferecido pelas escolas. Esses sistemas planejam, otimizam, expandem e mantêm as rotas dos veículos escolares, resultando em benefícios significativos, como a redução de custos operacionais e o aumento da eficiência. Utilizando algoritmos avançados, esses sistemas criam rotas eficientes, economizando tempo e combustível, e consideram uma variedade de fatores, como o número de estudantes, endereços de embarque e desembarque, horários e condições de tráfego.

Estudos e exemplos de implementação bem-sucedida, como os observados em Campos dos Goytacazes, demonstram que a tecnologia pode

reduzir atrasos, melhorar a segurança e aumentar a eficiência operacional, proporcionando um ambiente educacional mais inclusivo e acessível. A implementação do sistema de monitoramento por GPS nos veículos da educação em Campos dos Goytacazes, por exemplo, resultou em maior segurança e economia. O sistema permite o rastreamento em tempo real dos ônibus escolares, garantindo que sigam rotas planejadas e reduzindo o risco de desvios ou atrasos. Além disso, os dados coletados pelo GPS ajudam na otimização das rotas, diminuindo o consumo de combustível e os custos operacionais.

A implementação dessas tecnologias tem gerado mudanças significativas nas comunidades locais, melhoria no acesso à educação. A otimização das rotas escolares e o monitoramento em tempo real garantem que os ônibus escolares possam chegar a áreas anteriormente inacessíveis ou mal atendidas, aumentando a frequência e a pontualidade dos alunos e contribuindo para uma melhor performance acadêmica. As tecnologias também permitem uma melhor comunicação entre pais, escolas e motoristas, melhorando a coordenação e a segurança do transporte escolar. O retorno sobre o investimento para as escolas e comunidades que adotam essas tecnologias tem sido significativo. A redução dos custos operacionais devido à otimização das rotas e à diminuição do consumo de combustível representa uma economia considerável para o poder público, uma vez que o custeio é feito pelo Estado. Além disso, a segurança aprimorada e a maior eficiência do serviço aumentam a satisfação dos pais e a confiança no sistema de transporte escolar.

Cabe destacar que é necessário a integração efetiva dos dados de transporte escolar. A tarefa de georreferenciamento das rotas, alunos e escolas é árdua, especialmente no ambiente rural. Os dados obtidos são extremamente valiosos e, portanto, é essencial ter uma forma de integrar ou facilitar a importação e exportação desses dados para evitar retrabalho e permitir o uso de múltiplas ferramentas. O compartilhamento dos dados permite que diferentes atores, como formadores de políticas públicas, órgãos de controle e sociedade civil, utilizem essas informações de maneira eficaz.

Atualmente, não há um formato de arquivo padronizado (XML, ZIP, JSON, etc.) que permita a exportação e importação desses dados, o que representa um desafio adicional. Além disso, questões de privacidade dos dados, regidas pela Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), complicam a construção e compartilhamento desses dados. Portanto, é crucial que a comunidade acadêmica, em conjunto com a sociedade civil, aborde os aspectos técnicos e jurídicos que possibilitam construir e consolidar este formato de dados.

A contínua pesquisa e desenvolvimento na área de tecnologias aplicadas ao transporte escolar são essenciais para maximizar os benefícios dessas inovações. O futuro do transporte escolar depende da adoção contínua de novas tecnologias que não apenas resolvam problemas tradicionais, mas também abram caminho para inovações futuras que possam transformar a experiência educacional dos alunos. A implementação dessas tecnologias promove um ambiente educacional mais seguro, eficiente e inclusivo, beneficiando alunos, pais e comunidades em geral.

Os achados desta pesquisa oferecem uma base sólida para estudos futuros sobre a aplicação de TICs no setor de transporte. A análise detalhada das tecnologias existentes e seus impactos pode servir de referência para pesquisadores interessados em explorar novas abordagens e soluções tecnológicas. Além disso, o estudo destaca a importância de considerar fatores como a aceitação das tecnologias pelos usuários finais e a integração eficaz dos dados de transporte escolar, aspectos críticos para o sucesso das TICs no setor.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de estudos empíricos que envolvam a coleta e análise de dados de campo para validar e expandir os achados desta pesquisa. Investigações sobre a integração das TICs com outras áreas da administração pública e o impacto dessas tecnologias no desempenho acadêmico dos alunos também seriam valiosas. Ademais, é crucial desenvolver soluções que facilitem o georreferenciamento e a integração de dados, respeitando as normas de privacidade, para maximizar os benefícios das TICs no transporte escolar.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) pelo apoio e financiamento, e à Universidade Federal de Goiás (UFG). Nossa gratidão também às escolas e gestores que colaboraram na implementação e avaliação das tecnologias discutidas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

BANDAL, R.; OAK, A. "Managing Location Identification and Chain SMS for Smart School Transport System using IoT". In: **2019 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)**, 2019. **Anais [...]** Coimbatore, Tamil Nadu, India, IEEE, 2019. p. 1–6. DOI: 10.1109/ICCCI.2019.8821865. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8821865/>. Acesso em: 22 maio 2024.

CARVALHO, W. L.; DE SOUSA LEITE, P.; PEREIRA NASCIMENTO, H. "O Processo Evolutivo do Transporte Escolar Rural Brasileiro no Modo Rodoviário", **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 13, n. 1, 2016. DOI: 10.5216/reec.v13i1.42400 Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/42400>. Acesso em: 22 maio 2024.

CARVALHO, W. L.; MOREIRA DA CRUZ, R. O.; CÂMARA, M. T.; GUILHERME DE ARAGÃO, J. J. "Rural school transportation in emerging countries: The Brazilian case", **Research in Transportation Economics**, v. 29, n. 1, p. 401–409, 2010. DOI: 10.1016/j.retrec.2010.07.051.

CHEN, D.-S.; KALLSEN, H. A.; CHEN, H.-C.; TSENG, V.-C. "A bus routing system for rural school districts", **Computers & Industrial Engineering**, v. 19, n. 1–4, p. 322–325, 1990. DOI: 10.1016/0360-8352(90)90131-5.

CHOUDHRY, O. H.; KHAN, A. M. "Effect of route guidance and route scheduling systems on courier pickup and delivery operations: a simulation study", **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 28, n. 1, p. 77–84, 2001. DOI: 10.1139/I00-095.

COSTA, L. L.; MINEIRO, M. "Gestão dos recursos do Programa Nacional de Apoio ao Transporte Escolar (PNATE): primeiras aproximações", **Revista de Políticas Públicas e Gestão Educacional (POLIGES)**, v. 4, n. 1, p. 137–161, 2023. DOI: 10.22481/poliges.v4i1.12483.

EGUIZÁBAL, S. E.; BERODIA, J. L. M.; PORTILLA, Á. I.; PONCE, J. B. "Optimization model for school transportation design based on economic and social efficiency", **Transport Policy**, v. 67, p. 93–101, 2018. DOI: 10.1016/j.tranpol.2018.01.015.

ENKAD. **software para Transporte Escolar**. 2024. Disponível em: <https://enkad.com.br>. Acesso em: 25 maio 2024.

FROTUS. **Frotus software**. 2024. Disponível em: <https://www.frotus.com.br>. Acesso em: 25 maio 2024.

FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO - FNDE; UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS - UFG. **SETE - Sistema Eletrônico de Gestão do Transporte Escolar**. 2024. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/assuntos/sistemas/sete-sistema-eletronico-de-gestao-do-transporte-escolar>. Acesso em: 25 maio 2024.

GB TECH CORP. **School Bus Tracker**. 2023. Play Store. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.demobus.tracker&hl=pt>. Acesso em: 25 maio 2024.

GHAREEB, M.; BAZZI, A.; ABDUL-NABI, S.; IBRAHIM, Z. A.-A. "Towards smarter city: clever school transportation system", **Analog Integrated Circuits and Signal Processing**, v. 96, n. 2, p. 261–268, 2018. DOI: 10.1007/s10470-018-1146-0.

GONÇALVES, D. R.; WANZINACK, C. "A Importância do Transporte Escolar na Educação: Um Estudo de Caso Sobre Transporte Escolar no Município de Guaratuba – Paraná", **Gestus - Caderno de Administração e Gestão Pública**, v. 3, p. 40, 2021. DOI: 10.5380/gestus.v3i0.82813.

GOVERNO DO PARANÁ. **SIGET - Sistema de Gestão do Transporte Escolar**. 2024. Disponível em: <http://www.siget.pr.gov.br/Siget/>. Acesso em: 25 maio 2024.

GRZYBOWSKA, H.; BARCELÓ, J. "Decision Support System for Real-Time Urban Freight Management", **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 39, p. 712–725, 2012. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.03.142.

HUSSEIN, F.; EL-SALHI, S.; ALAZAZMA, R.; ABU-HANTASH, T.; ABU-HANTASH, H.; HEBA THAHER. "An Android Application Using Machine Learning Algorithm for Clique Detection in Issues Related to Transportation", **International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)**, v. 16, n. 14, p. 4–22, 2022. DOI: 10.3991/ijim.v16i14.30625.

JAYA, M. I.; TONG, G. X.; RAZAK, M. F. A.; ZABIDI, A.; HISHAM, S. I. "Geofence Alerts Application With GPS Tracking For Children Monitoring (CTS)". In: **2021 International Conference on Software Engineering & Computer Systems and 4th International Conference on Computational Science and Information Management (ICSECS-ICOCSIM)**, 2021. **Anais [...]** Pekan, Malaysia, IEEE, 2021. p. 222–226. DOI: 10.1109/ICSECS52883.2021.00047. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9537048/>. Acesso em: 25 maio 2024.

JESUS, C. N. de; MASCENA, J. L. dos S.; RORIZ JUNIOR, M.; CARVALHO, W. L. "Os Desafios da Gestão do Transporte Escolar no Brasil". 2023. publisher: Galoá. **Anais [...]** Santos - SP, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/anpet-2023/trabalhos/uma-analise-da-completude-da-malha-do-openstreetmaps-frente-ao-sistema-de-transp?lang=pt-br>. Acesso em: 14 jun. 2024.

KORKMAZ, I.; CAMCI, A.; CENGİZ, C.; DIRİK, D.; CEKCI, E.; AKBABA, F. M. "A Smart School Bus Tracking System". In: **2019 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)**, 2019. **Anais [...]** Istanbul, Turkey, IEEE, 2019. p. 1–6. DOI: 10.1109/ISNCC.2019.8909188. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8909188/>. Acesso em: 22 maio 2024.

MEDRANO, R. M. A.; CARVALHO, W. L. "Factors that influence the evaluation of the "Caminho da Escola" Program: An analysis based on the perception of managers, school principals and members of the social monitoring and control council", **Case Studies on Transport Policy**, v. 9, n. 4, p. 1677–1687, 2021. DOI: 10.1016/j.cstp.2021.09.002.

MEDRANO, R. M. A.; CARVALHO, W. L.; YAMASHITA, Y.; CIRINO, P. H. "A resource allocation model of national school transportation program for municipalities", **Case Studies on Transport Policy**, v. 9, n. 4, p. 1660–1671, 2021. DOI: 10.1016/j.cstp.2021.08.011.

MEYER, S. **RouteOptimizer – Apps no Google Play**. 2023. Disponível em: https://play.google.com/store/apps/details?id=de.meyer_solutions.routeoptimizer&hl=pt_BR. Acesso em: 25 maio 2024.

MYNENKO, S.; LYULYOV, O. "The Impact of Digitalization on the Transparency of Public Authorities", **Business Ethics and Leadership**, v. 6, n. 2, p. 103–115, 2022. DOI: 10.21272/bel.6(2).103-115.2022.

NADEZHGIN, V. S.; DEMYANUSHKO, I. V.; SURKOVA, N. E.; TAVSHAVADZE, B. T.; SAMIGULLIN, L. F. "Digitalization of Transport Industry Using Information Technology". In: **2022 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex (TIRVED)**, 2022. **Anais [...]** [S.l: s.n.], 2022. p. 1–5. DOI: 10.1109/TIRVED56496.2022.9965489. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9965489>. Acesso em: 14 jun. 2024.

NASCIMENTO, E. D.; NOBRE, C. K. "Logística de Rotas no Transporte Escolar Rural Através de Software no Município de Theobroma/RO", 2023. DOI: 10.5281/ZENODO.7677673. Disponível em: <https://zenodo.org/record/7677673>. Acesso em: 14 jun. 2024.

PALM, M.; FARBER, S. "The role of public transit in school choice and after-school activity participation among Toronto high school students", **Travel Behaviour and Society**, v. 19, p. 219–230, 2020. DOI: 10.1016/j.tbs.2020.01.007.

PERUSOMULA, H.; MARRIWADA, V.; VALLEPU, S. K.; SESHAM, K.; GUDAPATI, R. C.; GARIKIPATI, J. "Geo-Fencing and Overspeed Alert SMS System". In: **2023 Second International Conference on Electronics and Renewable Systems (ICEARS)**, 2023. **Anais [...]** Tuticorin, India, IEEE, 2023. p. 584–589. DOI: 10.1109/ICEARS56392.2023.10085114. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10085114/>. Acesso em: 25 maio 2024.

PORRU, S.; MISSO, F. E.; PANI, F. E.; REPETTO, C. "Smart mobility and public transport: Opportunities and challenges in rural and urban areas", **Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)**, v. 7, n. 1, p. 88–97, 2020. DOI: 10.1016/j.jtte.2019.10.002.

PRAMANIK, J.; SARKAR, B.; KANDAR, S. "Impact of ICT in Rural Development: Perspective of Developing Countries", **American Journal of Rural Development**, v. 5, n. 4, p. 117–120, 2017. DOI: 10.12691/ajrd-5-4-5.

PRZEYBILOVICZ, E.; CUNHA, M. A.; MEIRELLES, F. D. S. "O uso da tecnologia da informação e comunicação para caracterizar os municípios: quem são e o que precisam para desenvolver ações de governo eletrônico e smart city", **Revista de Administração Pública**, v. 52, n. 4, p. 630–649, 2018. DOI: 10.1590/0034-7612170582.

RAIKAR, M. M.; ANGADI, K.; REDDY, S.; NAIK, N.; DODDWADA, A. "Fleet tracking and Geofencing using the Internet of Things (IoT)". In: **2023 Third International Conference on Secure Cyber Computing and Communication (ICSCCC)**, 2023. **Anais [...]** Jalandhar, India, IEEE, 2023. p. 463–468. DOI: 10.1109/ICSCCC58608.2023.10176660. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10176660/>. Acesso em: 25 maio 2024.

RAJ, J. T.; SANKAR, J. "IoT based smart school bus monitoring and notification system". In: **2017 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)**, 2017. **Anais [...]** Dhaka, IEEE, 2017. p. 89–92. DOI: 10.1109/R10-HTC.2017.8288913. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8288913/>. Acesso em: 25 maio 2024.

RANJANI, J.; KALAISELVI, V. K. G.; DHARSHINI, R. P.; SAMYUKTHA, S. J. S.; PRIYA, J. D. "Transportation Management System". In: **2022 1st International Conference on Computational Science and Technology (ICCST)**, 2022. **Anais [...]** CHENNAI, India, IEEE, 2022. p. 1–6. DOI: 10.1109/ICCST55948.2022.10040309. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10040309/>. Acesso em: 22 maio 2024.

RHOULAC, T. D.; ROUPHAIL, N.; TSAI, J. C. "Using Global Positioning System to Improve School Bus Routing and Scheduling", **Transportation Research Record**, v. 1768, n. 1, p. 242–249, 2001. DOI: 10.3141/1768-28.

RORIZ JUNIOR, M.; CARVALHO, W. L.; MEDEIROS, D. D. de. "Uma Análise da Completude da Malha do Openstreetmaps Frente ao Sistema de Transporte Escolar Brasileiro". 2023. publisher: Galoá. **Anais [...]** Santos - SP, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2023.

SISTERAPP. **Sister – Sistema Integrado para Transporte Escolar**. 2024. Disponível em: <https://sister.app.br/>. Acesso em: 4 jun. 2024.

SWARNA, S.; S, P. B.; N, V. "Real Time Tracking of Child in School Bus using GPS and RFID", **International Journal of Engineering Research & Technology**, v. 3, n. 14, 2018. DOI: 10.17577/IJERTCONV3IS14028Disponível em: <https://www.ijert.org/research/real-time-tracking-of-child-in-school-bus-using-gps-and-rfid-IJERTCONV3IS14028.pdf>, <https://www.ijert.org/real-time-tracking-of-child-in-school-bus-using-gps-and-rfid>. Acesso em: 25 maio 2024.

TRANSCOLAR. **Plataforma de gestão de transporte escolar**. 2024. Disponível em: <https://transcolar.com.br>. Acesso em: 27 maio 2024.

UHL, K. **Monitoramento dos veículos da Educação por GPS gera mais economia e segurança**. 2024. Pae Seduct. Disponível em: <https://www.pae-seduct-campos.com/post/monitoramento-dos-veiculos-da-educacao-por-gps-gera-mais-economia-e-seguranca>. Acesso em: 25 maio 2024.

VOROBIEV, A. I.; KOVESHNIKOV, A. A.; GAVRILYUK, M. V.; VOROBIEVA, T. V.; MOROZOV, D. Yu. "Development of Requirements for a Digital Road Model as a Means of Implementing an Information Service for Road Users". In: **2022 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex (TIRVED)**, 2022. **Anais [...]** [S.l: s.n.], 2022. p. 1–6. DOI: 10.1109/TIRVED56496.2022.9965549. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9965549>. Acesso em: 14 jun. 2024.

WALLACE, L. G.; SHEETZ, S. D. "The adoption of software measures: A technology acceptance model (TAM) perspective", **Information & Management**, v. 51, n. 2, p. 249–259, 2014. DOI: 10.1016/j.im.2013.12.003.