ARTIGO 4

UMA REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE SEGURANÇA VIÁRIA EM ÁREAS ESCOLARES

Wesley de Carvalho, Eduardo Lobo, Arnoldo Neto e Ana Maria Franzoni
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

A segurança viária em áreas escolares tem se consolidado como uma preocupação no campo da mobilidade urbana, dada a vulnerabilidade específica de crianças e adolescentes frente aos riscos do trânsito. Sinistros envolvendo usuários em idade escolar revelam um cenário alarmante, reforçando a necessidade de intervenções direcionadas que assegurem deslocamentos seguros e estimulem práticas de mobilidade ativa. A presente pesquisa desenvolve uma revisão sistemática da literatura internacional com o objetivo de identificar, organizar e analisar evidências científicas sobre fatores de risco, intervenções e comportamentos associados à segurança viária no entorno de escolas. O método utilizado segue diretrizes estruturadas, com base na estratégia PICO, visando garantir rigor, reprodutibilidade e foco temático. Após a aplicação de filtros de relevância, idioma e impacto acadêmico, foram selecionados 30 artigos para análise final. Os resultados foram organizados em três categorias: (i) fatores influenciadores e condições para o transporte ativo escolar; (ii) segurança viária em zonas escolares; e (iii) aspectos contextuais e comportamento de condução. A predominância de estudos voltados ao transporte ativo evidencia o crescente interesse por soluções sustentáveis, embora a segurança viária específica em zonas escolares ainda careça de aprofundamento. Os achados reforçam a necessidade de políticas públicas mais integradas, que considerem tanto a infraestrutura física quanto os comportamentos no trânsito. A revisão sistemática aqui apresentada busca contribuir com o debate técnico e científico, oferecendo subsídios para o planejamento de intervenções mais eficazes em contextos escolares urbanos.

Palavras-chave: segurança viária, rotas seguras, área escolar.

ABSTRACT

Road safety in school areas has emerged as a key concern in urban mobility, given the specific vulnerability of children and adolescents to traffic risks. Crashes involving school-aged users reveal an alarming scenario, highlighting the need for targeted interventions that ensure safe travel and encourage active mobility practices. This study presents a systematic literature review with the aim of identifying, organizing, and analyzing scientific evidence on risk factors, interventions, and behaviors associated with road safety in school environments. The methodology followed structured guidelines based on the PICO strategy to ensure rigor, reproducibility, and thematic focus. After applying filters of relevance, language, and academic impact, 30 articles were selected for final analysis. The results were grouped into three categories: (i) influencing factors and conditions for active school transport; (ii) road safety in school zones; and (iii) contextual aspects and driving behavior. The predominance of studies addressing active transport highlights the growing interest in sustainable solutions, although specific research on school zone safety still requires further development. The findings emphasize the need for more integrated public policies that address both physical infrastructure and road user behavior. This review seeks to contribute to the technical and scientific debate, providing insights to support the planning of more effective interventions in urban school contexts.

Keywords: road safety; safe routes; school zone.

1. INTRODUÇÃO

A segurança viária constitui um desafio recorrente nas agendas de saúde pública, mobilidade urbana e planejamento territorial, com especial relevância nas áreas escolares. A alta incidência de sinistros envolvendo crianças e adolescentes em idade escolar evidencia a vulnerabilidade desse grupo e a necessidade de intervenções estruturadas. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018), os sinistros de trânsito são a principal causa de morte entre jovens de 5 a 29 anos, refletindo a gravidade do problema e a urgência de políticas públicas eficazes. Iniciativas internacionais, como a Primeira e a Segunda Década de Ação pela Segurança no Trânsito, promovidas pela Organização das Nações Unidas (ONU), demonstram o esforço global para reduzir mortes e lesões, destacando a necessidade de proteger os usuários mais vulneráveis, especialmente em contextos urbanos densos. A preocupação com a segurança viária também se manifesta nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), particularmente nas metas 3.6 e 11.2, que tratam da redução de mortes no trânsito e do acesso seguro à mobilidade urbana, respectivamente (ONU, 2015).

Em meio a esse panorama global, as áreas escolares emergem como zonas de atenção crítica. Crianças e adolescentes, por suas limitações cognitivas, perceptivas e motoras, estão mais expostos aos riscos viários, especialmente em horários de entrada e saída das escolas (Ellison et al., 2013). Nessas circunstâncias, a vulnerabilidade é potencializada por fatores como a ausência de infraestrutura segura, o excesso de velocidade dos veículos e a baixa fiscalização. Trata-se, portanto, de um ambiente onde a insegurança viária adquire contornos particularmente alarmantes.

A literatura tem evidenciado que o entorno escolar concentra um volume expressivo de sinistros envolvendo pedestres jovens e que a ausência de intervenções específicas compromete não apenas a segurança física dos estudantes, mas também o estímulo a modos de transporte mais sustentáveis, como caminhar ou pedalar (Ikeda et al., 2020; Heydari et al., 2020). A falta de segurança nessas áreas não é apenas um reflexo da negligência com o espaço urbano, mas uma ameaça direta ao direito fundamental à mobilidade segura.

No Brasil, essas diretrizes foram incorporadas por meio do Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (PNATRANS), instituído pela Lei nº 13.614/2018, que estabelece metas específicas para a diminuição dos índices de mortalidade viária. Apesar dos esforços institucionais, os dados nacionais e regionais demonstram que os índices de sinistros permanecem elevados. Segundo o RENAEST (Brasil, 2025), em 2023 foram registrados mais de 619 mil sinistros, resultando em aproximadamente 9.744 mortes.

Nesse contexto, torna-se pertinente compreender como metodologias específicas podem auxiliar na estruturação de diagnósticos e intervenções voltadas à segurança viária em zonas escolares. Diversos estudos apontam que grande parte dos sinistros ocorre nas imediações de instituições de ensino (Abdel-Aty et al., 2007), sendo frequente a presença de comportamentos de risco e a carência de infraestrutura adequada (Bina et al., 2021; Nascimento, 2014).

Diante desse panorama, a presente revisão sistemática tem como objetivo responder à seguinte pergunta de pesquisa: Quais metodologias podem ser utilizadas para apoio à segurança viária em áreas escolares? Para isso, serão analisados estudos que abordam intervenções, diagnósticos e estratégias metodológicas aplicadas à segurança em zonas escolares, com foco na identificação de boas práticas e lacunas existentes.

O artigo está estruturado em quatro seções principais. Inicialmente, apresenta-se a metodologia da revisão sistemática, detalhando os critérios de inclusão e exclusão, as bases de dados consultadas e os procedimentos de análise adotados. Na sequência, são expostos os resultados da coleta de dados. Posteriormente, realiza-se a discussão dos resultados de forma categorizada, abordando as metodologias identificadas, seus objetivos, limitações e contribuições. Por fim, nas considerações finais, são sintetizadas as principais evidências obtidas, bem como apresentadas recomendações para pesquisas futuras e para a aplicação prática no campo da segurança viária em áreas escolares.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada na presente revisão sistemática seguiu diretrizes estruturadas, com o objetivo de assegurar consistência, transparência e reprodutibilidade na identificação e análise dos estudos. Conforme Donato e Donato (2019), a formulação clara da questão de pesquisa é o primeiro passo fundamental, sendo necessário delimitar um escopo que contemple um número suficiente de estudos relevantes, sem ampliar excessivamente o campo de busca.

Para orientar a construção da pergunta de pesquisa e a definição dos critérios de inclusão e exclusão, foi adotada a estratégia PICO, acrônimo de Paciente/População, Intervenção, Comparação e Desfecho (*Outcome*), conforme recomendam Galvão e Pereira (2014) e Pereira (2018). Essa abordagem favorece a delimitação precisa do problema investigado e proporciona maior controle sobre a seleção dos estudos.

Na presente revisão, o componente "População" refere-se a grupos expostos ao ambiente viário em áreas escolares, como crianças em idade escolar e demais usuários afetados por sinistros no entorno de escolas (Pereira, 2018). A "Intervenção" abrange medidas voltadas à segurança viária, como sinalização, controle de velocidade e programas de conscientização (Galvão & Pereira, 2014). A "Comparação" foi considerada sempre que possível, principalmente ao contrastar diferentes soluções ou ausência de medidas. O "Desfecho" incluiu resultados mensuráveis, como a redução de sinistros e a percepção de segurança dos usuários (Pereira, 2018).

A aplicação da estratégia PICO permitiu a formulação da pergunta norteadora:

Quais metodologias podem ser utilizadas para apoio à segurança viária em áreas escolares?

Essa delimitação direcionou todas as etapas subsequentes do trabalho. O acesso às bases de dados foi viabilizado por meio da rede privada virtual (VPN) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que possibilitou o alcance a repositórios científicos de ampla cobertura, como

Scopus, Science Direct e EBSCOhost.

A etapa de busca envolveu testes sucessivos de algoritmos com diferentes combinações de palavras-chave, com o intuito de identificar a terminologia mais eficiente. Inicialmente, foram utilizadas expressões como: "Road safety" AND "School zone", "Urban road safety" AND "School zone" e "Urban road safety" AND "Elementary school zone". Em seguida, ampliaram-se os termos por meio de conectivos booleanos (OR), resultando em expressões como: ("Road safety" OR "Safe Routes" OR "traffic safety" OR "traffic injuries") AND ("School zone").

A definição das palavras-chave seguiu critérios de equilíbrio entre especificidade e abrangência, visando captar estudos diretamente relacionados à temática, sem excluir publicações pertinentes. As palavras-chave finais refletiram essa escolha metodológica e foram mantidas ao longo do processo de busca.

Quanto aos critérios de filtragem, foram consideradas publicações nos idiomas português, inglês e espanhol, publicadas entre 2019 e 2024. A seleção dos artigos ocorreu em três etapas:

- Leitura dos títulos;
- Leitura dos resumos;
- Verificação das palavras-chave.

Posteriormente, foram avaliadas as citações dos artigos, de modo a priorizar aqueles com maior repercussão acadêmica. Por fim, realizou-se a leitura completa dos textos selecionados, a fim de garantir sua relevância teórica e metodológica.

Essa abordagem metodológica buscou assegurar a integridade e a validade do processo de revisão, alinhando-se às diretrizes propostas por Galvão e Pereira (2014) e Pereira (2018), e oferecendo uma base consistente para a análise dos estudos voltados à segurança viária em áreas escolares. Assegurada a integridade e a validade da coleta de dados, a próxima seção consiste na apresentação dos resultados da pesquisa, que detalham o processo de coleta.

3. RESULTADOS DA COLETA DE DADOS E SELEÇÃO DE ESTUDOS

A etapa de coleta de dados da revisão sistemática teve início com a aplicação das frases de busca previamente definidas, conforme descrito na metodologia, nas bases de dados selecionadas: Scopus, EBSCOhost e ScienceDirect. A escolha dessas bases se deu em razão da sua relevância acadêmica e cobertura temática. Os termos utilizados nas buscas seguiram os critérios estabelecidos pela estratégia PICO, buscando maximizar a identificação de estudos relacionados à segurança viária em áreas escolares.

Os primeiros resultados da busca foram organizados por base de dados e por ano de publicação, conforme apresentado no Quadro 1. No total, foram identificados 307 registros iniciais, com predominância de artigos provenientes da base ScienceDirect, especialmente nos anos de 2021 e 2024.

Quadro 1: Resultados por base

Ano	Scopus	EBSCOhost	ScienceDirect
2019	10	1	32
2020	8	1	34
2021	4	1	53
2022	3	1	34
2023	10	0	45
2024	11	4	55
Total	**46**	**8**	**253**

Concluída a etapa de coleta, os estudos passaram por um processo de triagem em três fases: leitura dos títulos, análise dos resumos e verificação das palavras-chave. Essa triagem teve como objetivo identificar os artigos potencialmente relevantes para a questão de pesquisa. Para aprimorar o critério de seleção, também foi considerado o número de citações dos artigos, priorizando aqueles com maior impacto acadêmico.

Os resultados da triagem, apresentados no Quadro 2, indicam uma redução no número de artigos mantidos após essa primeira filtragem, totalizando 71 estudos.

Quadro 2: Resultados por base após filtragem

Ano	Scopus	EBSCOhost	ScienceDirect
2019	8	1	6
2020	6	0	10
2021	3	0	5
2022	2	1	5
2023	4	0	7
2024	7	4	2
Total	**30**	**6**	**35**

Os artigos selecionados foram organizados em planilha eletrônica para controle e verificação. A análise cruzada das entradas permitiu identificar e remover duplicações entre as bases, resultando em um total de 56 artigos distintos. Em seguida, foram excluídos os textos inacessíveis, mesmo com o uso da rede VPN da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), reduzindo-se o total para 40 artigos.

A última etapa consistiu na leitura integral dos textos selecionados preliminarmente, com o objetivo de verificar a aderência metodológica aos critérios previamente definidos. Nessa fase, a abordagem PICO foi utilizada como referência para a exclusão de dez artigos que não apresentaram compatibilidade com os objetivos da revisão. Assim, consolidou-se um conjunto final de 30 estudos que compõem a base de análise.

A aplicação de critérios sistemáticos em todas as etapas — desde a coleta inicial até a seleção definitiva — assegurou a consistência e a relevância do material reunido, em consonância com as recomendações de Galvão e Pereira (2014) e Pereira (2018). Essa condução metodológica fortalece a validade dos resultados e amplia a utilidade das evidências obtidas para a discussão da segurança viária em áreas escolares.

A partir da revisão sistemática orientada pela estrutura PICO, foi possível identificar padrões recorrentes nos estudos. No que se refere à população investigada, a maior parte dos artigos (22) concentrou-se em crianças em idade escolar, ressaltando a vulnerabilidade desse grupo. Três trabalhos voltaram-se à comunidade escolar ampliada, envolvendo pais, gestores e professores; quatro examinaram motoristas ou motociclistas em zonas escolares; e apenas um estudo incluiu uma população mista.

No eixo das intervenções, 12 artigos abordaram a infraestrutura e o ambiente construído como fatores determinantes, enquanto sete focalizaram políticas, leis e programas específicos. Tecnologias e inovações estiveram presentes em quatro trabalhos, cinco analisaram aspectos comportamentais e perceptivos, e dois privilegiaram abordagens de planejamento participativo.

Quanto às comparações, 11 estudos exploraram diferenças entre áreas ou escolas com distintas condições ambientais. Outros nove realizaram análises de antes e depois de intervenções, cinco compararam grupos ou percepções específicas, e cinco desenvolveram investigações de caráter exploratório, sem grupos de referência definidos.

Por fim, no que tange aos desfechos (*Outcome*), 17 artigos priorizaram medidas relacionadas à segurança viária, especialmente sinistros, lesões e *hotspots*. Sete trabalhos investigaram o uso do transporte ativo; quatro analisaram percepções e intenções de deslocamento; e dois discutiram mudanças comportamentais ou estratégias de mobilidade sustentável. Assegurada a integridade e a validade da coleta de dados, a próxima seção consiste na apresentação da análise dos resultados da pesquisa, que detalham o que cada autor selecionado buscou expressar em seu respectivo artigo.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para facilitar a compreensão dos temas abordados e a relação entre diferentes aspectos da segurança viária, os artigos discutidos foram organizados em três categorias principais:

• Fatores Influenciadores e Condições para o Transporte Ativo para a Escola (TAS):

Esta categoria abrange estudos que exploram como a infraestrutura urbana, a distância e a percepção de segurança influenciam o transporte ativo escolar. Inclui análises sobre a qualidade das vias, a percepção de segurança e o impacto das tecnologias na promoção do TAS.

• Segurança Viária em Zonas Escolares:

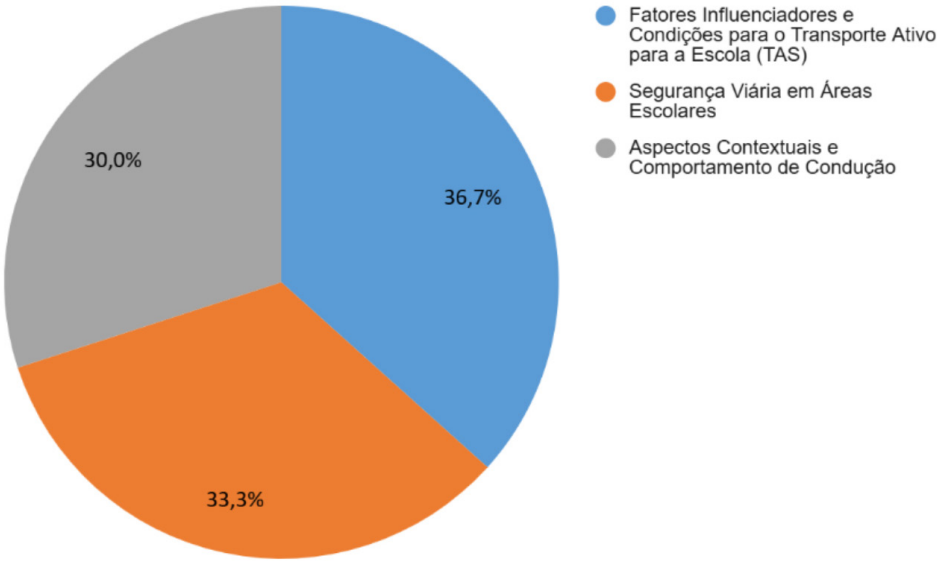
Os artigos desta categoria focam nas políticas e legislações relacionadas à segurança viária, o comportamento dos motoristas e pedestres, e nas medidas operacionais e intervenções para melhorar a segurança nas zonas escolares. A análise das políticas de fiscalização, as respostas dos motoristas e as medidas implementadas para mitigar riscos são temas centrais.

• Aspectos Contextuais e Comportamento de Condução:

Esta seção explora a interação entre a infraestrutura e o comportamento dos motoristas, incluindo a caminhabilidade e a percepção de risco. A influência da infraestrutura nas práticas de condução e o comportamento dos motoristas em zonas escolares são discutidos para compreender melhor o impacto dessas variáveis na segurança viária.

Cada uma dessas categorias oferece insights valiosos sobre os desafios e soluções relacionados à segurança e ao transporte ativo escolar, fornecendo uma base sólida para a formulação de políticas e estratégias eficazes. A análise integrada desses artigos contribui para um entendimento mais profundo e abrangente dos fatores que moldam a segurança nas zonas escolares. A Figura 1 apresenta a distribuição dos 30 artigos selecionados e classificados nas três categorias.

Figura 1: Resultados da revisão sistemática por categoria



Fonte: Autor (2025)

A análise dos artigos selecionados revelou que a categoria “Fatores Influenciadores e Condições para o Transporte Ativo para a Escola (TAS)” corresponde a 36,7% dos estudos, enquanto a categoria “Segurança Viária em Área Escolar” representa 33,3% do total. Já os aspectos contextuais e o comportamento de condução concentram 30% dos trabalhos analisados. Essa distribuição evidencia que, embora a mobilidade ativa seja investigada, persiste a necessidade de ampliar as discussões voltadas à segurança viária em zonas escolares. Na sequência, serão apresentados os principais achados de cada artigo, com ênfase nas metodologias utilizadas e nos resultados obtidos em cada categoria.

3.1 Fatores Influenciadores e Condições para Transporte Ativo para a Escola

O Transporte Ativo para a Escola (TAS) tem sido objeto de estudos em diferentes contextos geográficos, considerando fatores relacionados ao ambiente construído, à percepção de segurança, às políticas escolares e às decisões familiares. Embora cada pesquisa tenha adotado metodologias específicas, há convergência quanto à influência das condições urbanas e sociais na definição do modo de deslocamento das crianças e adolescentes.

Macedo et al. (2023), em estudo realizado na Holanda, investigaram a relação entre o ambiente construído e a adoção do TAS, destacando a importância da distância entre residência e escola, das condições climáticas e da percepção de segurança no trânsito. Fatores como densidade populacional e presença de vias arteriais também se mostraram relevantes, ainda que o estudo tenha apontado limitações ligadas à ausência de dados sobre rotas efetivamente percorridas. Em linha semelhante, An Minh Ngoc *et al.* (2023), ao analisar o contexto de Can Tho, no Vietnã, observaram que a infraestrutura deficiente aumenta a vulnerabilidade dos adolescentes e influencia mudanças comportamentais após sinistros, favorecendo a adoção da bicicleta em detrimento da caminhada. Em ambos os casos, evidencia-se que a qualidade do ambiente urbano exerce papel determinante na escolha modal.

A influência das condições de tráfego sobre o TAS foi explorada por Ling *et al.* (2021), que verificaram correlação negativa entre a velocidade veicular e o uso do transporte ativo em Toronto, resultado não reproduzido em Calgary. A diferença foi atribuída às particularidades da infraestrutura local e das políticas de controle de velocidade, ressaltando que o impacto do tráfego deve ser analisado em conjunto com os elementos urbanos. Complementarmente, Lee *et al.* (2020), ao investigarem a caminhabilidade em Seattle, confirmaram a distância como principal fator para o TAS, mas destacaram que a relação entre índices de caminhabilidade e deslocamentos ativos é frágil, indicando a necessidade de incluir variáveis sociais e ambientais na análise.

Estudos realizados na Nova Zelândia reforçam a relevância da percepção de segurança e das práticas institucionais. Ikeda *et al.* (2020) identificaram que a caminhabilidade e a qualidade do ambiente construído, somadas à percepção de risco no trânsito, influenciam fortemente as escolhas de deslocamento. Sandretto *et al.* (2020), por sua vez, enfatizaram barreiras de ordem estrutural, como topografia e clima, e institucionais, como a ausência de políticas escolares específicas, apontando a complexidade de promover o TAS em contextos desafiadores.

Ambos os estudos revelam que, além da infraestrutura física, fatores institucionais e familiares são decisivos.

Pesquisas recentes também ampliam a análise para dimensões participativas e de planejamento. Jung e Kim (2024), na Coreia do Sul, envolveram crianças no planejamento participativo da segurança viária, demonstrando que suas percepções podem subsidiar soluções para trajetos escolares mais seguros. Já Sholahudin *et al.* (2024), em Semarang, Indonésia, avaliaram a Rota Segura para a Escola (SR2S), identificando riscos associados ao tráfego intenso e propondo intervenções como faixas de pedestres, calçadas ampliadas e zonas específicas de embarque e desembarque. Ambos os estudos convergem na necessidade de integrar a comunidade escolar no processo de formulação e implementação de políticas.

Em contextos distintos, a adoção do TAS também se relaciona com fatores tecnológicos, socioeconômicos e institucionais. No Irã, Zavareh *et al.* (2020) observaram que o uso de aplicativos de monitoramento aumenta a aceitação dos pais quanto ao transporte ativo, ainda que a percepção de segurança permaneça central nas decisões. Na África Subsaariana, Poku-Boansi, Amoako e Atuah (2019) destacaram os riscos decorrentes do crescimento urbano acelerado, da precariedade da infraestrutura e da limitação da supervisão parental, sugerindo a necessidade de políticas urbanas mais voltadas à segurança infantil. Em Portugal, Teixeira *et al.* (2019) analisaram experiências de mobilidade sustentável, como caronas organizadas e rotas escolares, constatando resultados positivos, mas limitados pela falta de recursos e de apoio institucional.

Em síntese, os estudos apontam que o transporte ativo para a escola é condicionado por um conjunto multifacetado de fatores, que incluem o ambiente construído, as condições de tráfego, a percepção de segurança, as práticas escolares e as decisões familiares. Há consenso de que políticas integradas, com participação da comunidade escolar e apoio institucional, são essenciais para ampliar a adoção do TAS. Contudo, persistem desafios relacionados à generalização dos resultados, às restrições geográficas e às diferenças culturais, evidenciando a necessidade de novas pesquisas que considerem contextos diversos e metodologias complementares.

3.2 Segurança Viária em Zonas Escolares

A segurança viária em áreas escolares constitui um tema central no campo da mobilidade urbana, dada a vulnerabilidade das crianças no trânsito e a necessidade de proteção em locais caracterizados por intenso fluxo de estudantes. A literatura recente evidencia que a mitigação de riscos nesses espaços pode ser abordada sob diferentes perspectivas, envolvendo regulamentações legais, programas de incentivo à mobilidade segura, características ambientais e uso de tecnologias emergentes. A diversidade de metodologias e contextos analisados revela tanto a complexidade do problema quanto os desafios para alcançar soluções eficazes.

O estudo de Eun (2023), realizado na Coreia do Sul, examinou os efeitos de regulamentações mais severas para sinistros envolvendo crianças, que incluíram penalidades e instalação de dispositivos de fiscalização. A análise de séries temporais interrompidas indicou redução nas fatalidades e lesões graves, embora não tenha sido observada diminuição no número

total de sinistros. O autor atribuiu esse resultado à baixa adesão dos condutores e à fiscalização insuficiente, destacando limitações relacionadas à subnotificação e à falta de dados detalhados. De modo complementar, Ku *et al.* (2024) avaliaram a promulgação da Lei sobre Punição Agravada de Crimes Específicos, também na Coreia, que endureceu as penalidades para motoristas em sinistros em zonas escolares. Os resultados mostraram redução significativa de lesões graves e de risco geral para crianças, ainda que os autores ressaltem a necessidade de medidas adicionais de fiscalização e educação, sobretudo diante de possíveis efeitos externos, como a pandemia de COVID-19.

Em outro contexto, Dang *et al.* (2024) analisaram a imposição do limite de 30 km/h em zonas escolares no Vietnã. Apesar da redução estatística das velocidades médias, estas permaneceram acima do limite regulamentar, o que indicou a eficácia restrita da medida isolada. A pesquisa evidenciou ainda que características do ambiente viário, como a largura das vias, influenciam diretamente o comportamento dos condutores, sugerindo a necessidade de estratégias complementares de moderação de tráfego. Esse achado dialoga com a investigação de Rahman *et al.* (2019), que aplicaram micro simulação para avaliar contramedidas em zonas escolares. Os resultados mostraram que intervenções relacionadas à redução de velocidade e acessos viários tiveram impacto positivo na mitigação de conflitos, enquanto medidas estruturais mais complexas nem sempre produziram os efeitos esperados, reforçando a importância da adequação das soluções às condições locais.

A relação entre programas institucionais e segurança viária foi examinada por Kang, Wang e Baek (2020), que avaliaram a eficácia do *Safe Routes to School* (SRTS) no estado de Nova York. Embora o programa tenha estimulado a mobilidade ativa, não foram observados impactos significativos na redução de sinistros, sugerindo que investimentos em infraestrutura e campanhas de incentivo precisam ser acompanhados de estratégias mais direcionadas à proteção dos usuários vulneráveis. De forma convergente, Ali *et al.* (2023), em pesquisa transversal no Paquistão, identificaram comportamentos de risco recorrentes no entorno de escolas, como o uso inadequado de faixas de pedestres e a má conservação de calçadas. Os resultados indicaram que, em contextos de baixa infraestrutura, os riscos se intensificam, demandando intervenções integradas que combinem melhorias físicas e fiscalização.

Outro conjunto de estudos buscou compreender a influência de fatores ambientais e espaciais sobre a ocorrência de sinistros. Heydari *et al.* (2020), em Montreal, verificaram que a proximidade de escolas se relaciona a maiores índices de lesões em interseções sinalizadas, especialmente quando associada a manobras de conversão e elevada presença de pedestres. Chun, Lim e Kim (2024), por sua vez, analisaram padrões espaciais em Seul, classificando zonas escolares e seus entornos segundo a ocorrência de pontos críticos, o que permitiu propor intervenções diferenciadas de acordo com a tipologia de risco. Já Kwon e Cho (2020), também na Coreia, investigaram a percepção de risco entre estudantes, concluindo que fatores como a largura das vias e a densidade de pedestres influenciam negativamente a sensação de segurança, evidenciando que variáveis físicas e visuais moldam a experiência das crianças no deslocamento diário.

Perspectivas inovadoras foram exploradas por Jevremović *et al.* (2019), que propuseram a integração de princípios da Engenharia Humana com tecnologias da Internet das Coisas (IoT) para monitoramento e resposta em tempo real em zonas escolares de Belgrado. Os autores defenderam que a combinação de soluções de baixo custo com recursos tecnológicos pode aumentar a efetividade das intervenções, ainda que a ausência de regulamentação específica represente um entrave para a aplicação prática.

Em síntese, os estudos analisados revelam que a segurança viária em zonas escolares exige abordagens multifacetadas. Regulamentações mais severas e programas institucionais mostram efeitos positivos, mas limitados quando aplicados isoladamente. Fatores ambientais e espaciais desempenham papel central na definição do risco, enquanto tecnologias emergentes oferecem novas possibilidades de intervenção. Em comum, as pesquisas destacam que a efetividade das medidas depende da integração entre políticas públicas, fiscalização contínua, educação para o trânsito e adaptação das intervenções às características locais.

3.3 Aspectos Contextuais e Comportamento de Condução

Os estudos revisados abordam a segurança viária em zonas escolares e áreas de alta circulação de pedestres sob diferentes perspectivas, integrando análises sobre o comportamento de condutores, a infraestrutura urbana e fatores socioeconômicos que influenciam a ocorrência e a gravidade dos sinistros.

Thaomuen *et al.* (2023), na Tailândia, examinaram especificamente o comportamento de motociclistas, com foco nos condutores de entrega em zonas escolares. Embora esses motociclistas tenham apresentado velocidade média ligeiramente superior à dos demais, a diferença não foi estatisticamente significativa. A pesquisa destacou o uso consistente de capacetes e o respeito geral aos limites de velocidade, sugerindo que esses condutores não representaram risco substancialmente maior. Contudo, o estudo apontou limitações metodológicas na coleta manual de dados, recomendando o uso de tecnologias mais precisas em pesquisas futuras.

De forma complementar, a pesquisa de Abdul Hanan (2019), realizada na Malásia, investigou a obediência dos motociclistas aos limites de velocidade em zonas escolares a partir da Teoria do Comportamento Planejado (TPB). O estudo revelou que atitudes favoráveis ao cumprimento das normas, normas sociais percebidas e intenções comportamentais influenciam positivamente a adesão dos motociclistas aos limites estabelecidos. Contudo, a baixa visibilidade das zonas escolares foi identificada como um fator que compromete a conformidade, sugerindo que a instalação de sinalizações mais evidentes e dispositivos de controle pode contribuir para a melhoria da segurança nesses locais.

Enquanto esses trabalhos enfatizam aspectos do comportamento individual dos condutores, outras pesquisas ampliaram o escopo para avaliar fatores que agravam a gravidade dos sinistros. Em Gana, Adanu *et al.* (2023) identificaram excesso de velocidade e distração como variáveis críticas associadas a lesões graves e fatais em pedestres infantis. A análise evidenciou ainda que veículos maiores resultam em colisões mais severas e que a ausência de infraestrutura adequada, como faixas de pedestres, aumenta a letalidade. Os autores destacaram limitações relacionadas à qualidade dos registros

policiais e à falta de dados precisos sobre a geometria das vias.

Na Coreia do Sul, Kim, Jang e Choi (2022) relacionaram fatores socioeconômicos e de uso do solo à ocorrência de sinistros em Busan. A pesquisa mostrou que a população infantil é o principal indicador de exposição ao risco, enquanto áreas de baixa renda apresentaram maior vulnerabilidade devido à precariedade da infraestrutura. Interessantemente, áreas densamente povoadas apresentaram risco reduzido, possivelmente em função da menor velocidade do tráfego. Esses achados sugerem que tanto o contexto socioeconômico quanto a configuração urbana desempenham papel determinante na segurança viária.

Ainda no contexto coreano, Zhang *et al.* (2024) aprofundaram a análise ao avaliar características micro do ambiente urbano em zonas escolares de Seul. Utilizando mineração espaço-temporal e aprendizado de máquina aplicado a imagens de *Street View*, os autores demonstraram que fatores como baixa conectividade viária e alta visibilidade estão associados a maior frequência de sinistros, enquanto a presença de vegetação apresentou efeito protetor. O estudo reforçou a importância de considerar o desenho urbano detalhado na formulação de medidas preventivas.

Perspectiva semelhante foi explorada por Briz-Redón *et al.* (2019) em Valência, Espanha, onde a análise espacial de sinistros revelou maior incidência nas proximidades de escolas, sobretudo no período vespertino. Elementos como paradas de ônibus e interseções complexas foram associados ao aumento do risco, indicando que ajustes localizados de infraestrutura podem ser decisivos para reduzir sinistros.

Outros estudos destacaram o impacto das condições de tráfego e da caminhabilidade. Rothman *et al.* (2023), em cidades canadenses, analisaram a relação entre o *Walk Score* e a segurança de pedestres infantis. Contrariando expectativas, áreas com maior caminhabilidade apresentaram maior incidência de colisões, sobretudo em Montreal. Os autores atribuíram esse resultado ao aumento da exposição das crianças em ambientes com maior circulação. Assim, defendem que a caminhabilidade deve ser analisada conjuntamente com o volume de tráfego e o desenho viário.

A análise do comportamento dinâmico da condução também foi explorada por Wali e Khattak (2020), nos Estados Unidos, que estudaram a volatilidade da condução em zonas escolares a partir de dados naturalísticos do projeto SHRP2. Apesar das velocidades médias reduzidas nesses locais, constatou-se maior instabilidade de direção, medida pela variabilidade da aceleração, associada ao aumento do risco de sinistros. Esse resultado evidencia que a segurança não depende apenas da redução de velocidade, mas também da estabilidade na condução.

Nesse mesmo sentido, Bina *et al.* (2021) observaram o ambiente urbano no período de saída escolar, identificando congestionamentos, travessias fora da faixa e descumprimento de limites de velocidade como fatores de risco. Os autores argumentaram que medidas de engenharia, como limites de 30 km/h, somente são eficazes quando acompanhadas de fiscalização e de ações educativas, destacando a importância da combinação de estratégias estruturais e comportamentais.

Em síntese, os estudos revisados evidenciam que a segurança viária em zonas escolares resulta da interação entre o comportamento de condução e o

contexto no qual ele ocorre. O respeito ou a negligência às normas de trânsito, influenciados por fatores individuais e sociais, aparece como elemento central para a redução de riscos. Paralelamente, condições contextuais, como desenho urbano, infraestrutura de travessia, densidade populacional e características socioeconômicas, moldam as oportunidades e limitações para a circulação segura. A convergência dos resultados aponta que intervenções eficazes devem considerar simultaneamente a dimensão comportamental e a estrutural, integrando estratégias de educação, fiscalização e engenharia, de modo a mitigar a gravidade dos sinistros e promover ambientes escolares mais seguros.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais desta revisão sistemática indicam que a questão de pesquisa foi respondida por meio da análise dos estudos selecionados. A utilização da estratégia PICO e a adoção de critérios metodológicos permitiram identificar abordagens relevantes para a segurança viária no entorno escolar. A organização dos achados em categorias temáticas contribuiu para estruturar a análise e evidenciar as diferentes dimensões envolvidas na temática, permitindo compreender como fatores urbanos, comportamentais, institucionais e tecnológicos se articulam para influenciar a segurança de crianças no deslocamento de casa para escola.

Nesse sentido, observou-se que a promoção do transporte ativo para a escola (TAS) depende de um conjunto de elementos, como a distância do percurso, a qualidade da infraestrutura e a percepção de segurança, conforme indicado por Macedo *et al.* (2023) e Lee *et al.* (2020). Esses achados reforçam a necessidade de aprimorar o ambiente construído para favorecer deslocamentos mais seguros e sustentáveis. Além dos aspectos físicos, fatores sociais e institucionais também se mostraram relevantes: estudos como Sandretto *et al.* (2020) e Teixeira *et al.* (2019) destacam que a segurança das crianças envolve decisões familiares e práticas escolares, apontando para a importância de ações coordenadas entre comunidade, escola e poder público.

Apesar do incentivo ao TAS, os estudos revelam desafios persistentes relacionados à segurança viária. Intervenções regulatórias podem apresentar efeitos limitados, como demonstrado por Eun (2023), enquanto programas consolidados, como o Safe Routes to School, embora ampliem a mobilidade ativa, não necessariamente reduzem colisões, conforme sugerido por Kang, Wang e Baek (2020). Esse descompasso entre investimentos e resultados evidencia a complexidade do problema, que envolve a interação entre ambiente físico, comportamento humano e alcance das políticas públicas. Elementos como geometria viária, volume de pedestres e características espaciais, discutidos por Heydari *et al.* (2020), bem como a percepção de risco pelas crianças (Kwon & Cho, 2020), reforçam a necessidade de compreender a segurança viária a partir da experiência dos usuários mais vulneráveis.

A revisão também aponta que o comportamento de condução exerce forte influência sobre o risco viário em áreas escolares. Estudos como os de Thaomuen *et al.* (2023) e Abdul Hanan (2019) ressaltam o papel da visibilidade, da sinalização e da disciplina dos motoristas, enquanto Adanu *et al.* (2023) evidenciam a relevância do excesso de velocidade e da distração para a gravidade das lesões. Adicionalmente, a volatilidade da condução — mesmo

em velocidades reduzidas — aumenta o risco nessas áreas, conforme demonstrado por Wali e Khattak (2020), indicando a necessidade de estratégias que promovam comportamentos mais estáveis e previsíveis dos condutores.

Diante da diversidade de abordagens presentes na literatura e visando sintetizar as contribuições analisadas, elaborou-se o Quadro 3, que reúne as principais diretrizes e recomendações identificadas, organizadas segundo categorias temáticas. O quadro também apresenta exemplos de aplicação e referências correspondentes, permitindo visualizar como diferentes estratégias têm sido adotadas em distintos contextos.

Quadro 3: Diretrizes e Recomendações

Categoria Temática	Diretrizes / Recomendações da Literatura	Exemplos de aplicação
Infraestrutura Urbana e Ambiente Construído	Adequar a infraestrutura urbana para incentivar o Transporte Ativo para a Escola (TAS)	Importância da distância, qualidade das vias e percepção de segurança para adoção do TAS (Macedo *et al.*, 2023 – Holanda). Caminhabilidade relacionada à escolha modal, ainda que com influência limitada (Lee *et al.*, 2020 – Seattle).
	Melhorar condições de circulação e reduzir vulnerabilidade em contextos de infraestrutura deficiente	Infraestrutura precária altera comportamento e aumenta vulnerabilidade de adolescentes (Ngoc *et al.*, 2023 – Vietnã). Barreira física e institucional afetam escolhas familiares (Sandretto *et al.*, 2020 – Nova Zelândia).
	Implementar intervenções físicas em rotas escolares com base em riscos identificados	Recomendações de faixas de pedestres, calçadas ampliadas e zonas de embarque (Sholahudin *et al.*, 2024 – Indonésia).
	Ajustar intervenções à configuração espacial e características locais	Largura da via e presença de conversões associadas ao risco (Heydari *et al.*, 2020 – Montreal). Classificação espacial de zonas escolares por tipologias de risco (Chun, Lim & Kim, 2024 – Seul).
	Incorporar análise espacial e características do ambiente urbano	Alta visibilidade, baixa conectividade e ausência de vegetação associadas ao risco (Zhang *et al.*, 2024 – Coreia). Identificação de zonas críticas próximas a escolas no período vespertino (Briz-Redón *et al.*, 2019 – Espanha).
	Considerar percepção de risco e fatores visuais/ambientais no entorno escolar	Percepção dos estudantes influenciada por largura da via e densidade de pedestres (Kwon & Cho, 2020 – Coreia do Sul).
Dinâmica Veicular, Velocidade e Comportamento no Trânsito	Considerar velocidade e fluxo veicular na formulação de estratégias para promoção do TAS	Velocidades mais altas reduzem probabilidade de deslocamento ativo (Ling *et al.*, 2021 – Toronto).
	Implementar limites de velocidade em zonas escolares com estratégias complementares	Limite de 30 km/h reduz velocidade média, mas velocidades permanecem acima do limite sem outras medidas (Dang *et al.*, 2024 – Vietnã).
	Reduzir volatilidade da condução e comportamentos arriscados em zonas escolares	Instabilidade de direção aumenta risco mesmo em velocidades reduzidas (Wali & Khattak, 2020 – EUA). Excesso de velocidade e distração ampliam gravidade das lesões (Adanu *et al.*, 2023 – Gana).
	Aprimorar sinalização e visibilidade de zonas	Baixa visibilidade reduz adesão a limites de velocidade (Abdul Hanan, 2019 – Malásia).

Categoria Temática	Diretrizes / Recomendações da Literatura	Exemplos de aplicação
Fatores Sociais, Institucionais e Participação Comunitária	Integrar variáveis sociais, ambientais e institucionais à análise das rotas escolares	Influência conjunta de ambiente construído, percepção de risco e decisões familiares (Ikeda *et al.*, 2020 – Nova Zelândia). Participação institucional e comunitária (Jung & Kim, 2024 – Coreia do Sul).
	Promover planejamento participativo envolvendo crianças e comunidade escolar	Engajamento de crianças no planejamento de segurança viária para rotas escolares (Jung & Kim, 2024 – Coreia do Sul).
	Avaliar efetividade de programas institucionais em combinação com outras estratégias	*Safe Routes to School* aumenta mobilidade ativa, mas não reduz sinistros (Kang, Wang & Baek, 2020 – Nova York).
Tecnologia, Monitoramento e Soluções Inovadores	Considerar tecnologias de apoio e monitoramento como estratégia complementar	Uso de aplicativos que elevam aceitação do TAS por pais (Zavareh *et al.*, 2020 – Irã). Aplicações de IoT para monitoramento dinâmico (Jevremović *et al.*, 2019 – Sérvia).
Políticas e Estratégias Integradas de Segurança Viária	Aplicar políticas regulatórias rígidas para proteção infantil no trânsito	Redução de fatalidades após regulamentações mais severas (Eun, 2023 – Coreia do Sul). Lei de punição agravada reduz lesões graves (Ku *et al.*, 2024 – Coreia do Sul).
	Integrar estratégias de educação, fiscalização e engenharia para mitigar riscos	Combinação de limites de velocidade com fiscalização e campanhas educativas aumenta conformidade (Bina *et al.*, 2021 – EUA).
	Realizar intervenções integradas em contextos de baixa infraestrutura	Necessidade de combinar fiscalização e melhorias estruturais (Ali *et al.*, 2023 – Paquistão).

Em síntese, a revisão evidencia que a segurança viária em áreas escolares é um desafio transversal, envolvendo infraestrutura, comportamento de motoristas e pedestres, fatores sociais e políticas integradas. Nota-se grande foco da literatura na promoção do transporte ativo, enquanto permanece limitada a quantidade de estudos avaliando a efetividade de intervenções na redução de sinistros. Assim, há espaço para pesquisas futuras que aprofundem a análise de medidas práticas e seus impactos ao longo do tempo, incorporando dados empíricos locais e indicadores mais sensíveis à realidade das escolas. Investigações que integrem percepções de estudantes, familiares e profissionais da educação podem contribuir para políticas mais eficazes, capazes de promover ambientes escolares verdadeiramente seguros.

REFERÊNCIAS

Abdel-Aty, M.; S. S. Chundi e C. Lee. Geo-spatial and log-linear analysis of pedestrian and bicyclist crashes involving school-aged children. **Journal of Safety Research**, v. 38, n. 5, p. 571-579. 2007.

ADANU, Emmanuel Kofi; DZINYELA, Richard; AGYEMANG, William. A comprehensive study of child pedestrian crash outcomes in Ghana. **Accident Analysis & Prevention**, v. 184, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457523001938>. Acesso em: 24 set. 2025.

ALI, Asrar et al. Road safety hazards for children while commuting to school: Findings from a pilot study in Karachi, Pakistan. **Safety Science**, v. 158, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020138322008543>. Acesso em: 24 set. 2025.

BINA, Manuela et al. Analysis of traffic upon school departure: Environment, behaviour, well-being and risk factors for road crashes. **ScienceDirect**, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140521001493>. Acesso em: 24 set. 2025.

BRASIL. **RENAEST**. 2025. Disponível em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/docs/renaest. Acesso em: 24 set. 2025.

BRIZ-REDÓN, Á.; MARTÍNEZ-RUIZ, F.; MONTES, F. Estimating the occurrence of traffic accidents near school locations: A case study from Valencia (Spain) including several approaches. **Accident Analysis & Prevention**, v. 132, p. 105-120, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071400452&doi=10.1016%2fj.aap.2019.07.013&partnerID=40&md5=f336eee25a875daab0a3f266609fef62>. Acesso em: 24 set. 2025.

CHUN, Uibeom; LIM, Joonbeom; KIM, Hyungkyu. **Analysis of hotspots in and outside school zones: a case study of Seoul**. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: https://www.scopus.com/pages/publications/85188754333?origin=resultslist. Acesso em: 24 set. 2025.

DANG, Minh Tan; VU, Quang Huy; KIEU, Le Minh; NGUYEN, Hoang Tung. **Modeling speed behavior of vehicles in school zones under the impact of motorcycle-dominated societies**. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: https://www.scopus.com/pages/publications/85201380251?origin=resultslist. Acesso em: 24 set. 2025.

DONATO, H.; DONATO, M. P. Revisão sistemática da literatura: uma revisão narrativa. **Brazilian Journal of Anesthesiology**, v. 69, n. 3, p. 299-306, 2019.

Ellison, A.B., Greaves, S., Daniels, R., 2013. Capturing speeding behaviour in school zones using GPS technology. **Road & Transp**. Res.: J. Australian New Zealand Res. Practice 22 (4), 30.

EUN, S. J. Effects of tougher school zone laws on road traffic safety in school zones for children in South Korea. **Journal of Transport & Health,** v. 30, p. 101687, 2023. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85169024430&doi=10.1016%2fj.jth.2023.101687&partnerID=40&md5=2ef49d3780ebcaddc095df47fade35a1>. Acesso em: 24 set. 2025.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, n. 1, p. 183-184, 2014.

HEYDARI, S.; MIRANDA-MORENO, L.; HICKFORD, A. J. On the causal effect of proximity to school on pedestrian safety at signalized intersections: A heterogeneous endogenous econometric model. **Journal of Advanced Transportation**, v. 113, p. 56-69, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85079092845&doi=10.1016%2fj.amar.2020.100115&partnerID=40&md5=a3950265ef3d8a3888396f7d6158bcd8>. Acesso em: 24 set. 2025.

IKEDA, Erika et al. Keeping kids safe for active travel to school: A mixed method examination of school policies and practices and children's school travel behaviour. **ScienceDirect**, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214367X20301782>. Acesso em: 24 set. 2025.

JEVREMOVIĆ, Sreten; SAVIĆ, Dragan; JANJIĆ, Predrag. Human engineering in school zones. **Sustainable Cities and Society**, v. 47, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146519303631>. Acesso em: 24 set. 2025.

JUNG, Bo-Kyung; KIM, Donghyun. **Children as key actors in participatory planning: co-working experience of community planning for walking safety around Bongrae Elementary School in South Korea**. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: https://www.scopus.com/pages/publications/85196282303?origin=resultslist. Acesso em: 24 set. 2025.

KANG, Bumjoon; WANG, Chihuangji; BAEK, So-Ra. No association between Safe Routes to School programs and school-age pedestrian or bicyclist collisions in New York State. **ScienceDirect**, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140520300700>. Acesso em: 24 set. 2025.

KIM, Hyunsoo; JANG, Jinhyeok; CHOI, Yeol. Spatial analysis of collision risk of child pedestrians – A case of urban elementary school districts in Busan, Korea. **Journal of Transport Geography**, v. 100, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214367X22000667>. Acesso em: 24 set. 2025.

KU, Hong Jin; KIM, Jin-Hwan; CHOE, Young June; CHOE, Seung Ah; ZONFRILLO, Mark R. **Assessing the impact and implications of the revised Act on the Aggravated Punishment of Specific Crimes in preventing child traffic injuries in school zones in Korea: an interrupted time series analysis**. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: https://www.scopus.com/pages/publications/85191896977?origin=resultslist. Acesso em: 24 set. 2025.

KWON, Jae-Hong; CHO, Gi-Hyoug. An examination of the intersection environment associated with perceived crash risk among school-aged children: using street-level imagery and computer vision. **Accident Analysis & Prevention**, v. 142, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457519315398>. Acesso em: 24 set. 2025.

LEE, Sungmin et al. School walkability index: Application of environmental audit tool and GIS. **ScienceDirect**, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140520300840>. Acesso em: 24 set. 2025.

LING, R. et al. The relationship between motor vehicle speed and active school transportation at elementary schools in Calgary and Toronto, Canada. **Journal of Transport & Health**, v. 21, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85105799366&doi=10.1016%2fj.jth.2021.101034&partnerID=40&md5=47b65a13dc9748ceb49ff47e569ee960>. Acesso em: 24 set. 2025.

MACEDO, Francisco E.; RAAPHORST, Kevin M.C.; BEVELANDER, Kirsten E.; KRABBEN, Erwin van der. The influence of the built environment on active school travel in the Netherlands: A mode choice analysis. **ScienceDirect**, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772586323000357>. Acesso em: 24 set. 2025.

NASCIMENTO, A. de M. **Diagnóstico da Segurança Viária em Áreas Escolares: estudo de caso em Florianópolis** - SC. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.2024.

NGOC, An Minh; NISHIUCHI, Hiroaki; MINH, Chu Cong. Key factors associated with traffic crashes and the role of crash experiences in mode choice for school trips – A case study of Can Tho, Vietnam. **ScienceDirect**, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214367X22001107>. Acesso em: 24 set. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). T**ransformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nova York, NY, 2015. Disponível em: https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/Agenda2030-completo-pt-br.pdf. Acesso em: 24 set. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Relatório global de segurança no trânsito**. Genebra: WHO, 2018.

PEREIRA, J. Revisão sistemática: estratégia PICO e seu uso em estudos científicos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde**, v. 20, n. 2, p. 102-109, 2018.

POKU-BOANSI, M.; AMOAKO, C.; ATUAH, D. O. Urban travel patterns and safety among school children around Accra, Ghana. **Journal of Urban Mobility**, v. 12, p. 55-66, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140519302038>. Acesso em: 24 set. 2025.

RAHMAN, M.H. et al. Enhancing traffic safety at school zones by operation and engineering countermeasures: A microscopic simulation approach. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 92, p. 129-144, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85064095075&doi=10.1016%2fj.simpat.2019.04.001&partnerID=40&md5=8d22e60d14e3ed74c929672df1f1fcb8>. Acesso em: 24 set. 2025.

ROTHMAN, L. et al. Is higher school neighbourhood Walk Score associated with greater child pedestrian safety near schools? **Injury Prevention**, v. 29, n. 1, p. 49-55, 2023. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85165095077&doi=10.1136%2fip-2023-044922&partnerID=40&md5=0afe18b71ec546bb8fe6263ad4d4b777>. Acesso em: 24 set. 2025.

SANDRETTO, Susan et al. Competing tensions: Active transport to school, school choice and policy making. **ScienceDirect**, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140520301122>. Acesso em: 24 set. 2025.

SHOLAHUDIN, Farhan; HAPSARI, Rahma Nindya Ayu; BAHARUDDIN, Alfan; HENDARDI, Agi Rivi; NURMAYADI, Dicky. **Planning and design of the Safe Route to School (SR2S) on the Taman Siswa Road Section**, Semarang City. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: https://www.scopus.com/pages/publications/85203160435?origin=resultslist. Acesso em: 24 set. 2025.

TEIXEIRA, João Filipe; SILVA, Cecília; NEVES, João Valente. School mobility management case study: German School of Oporto (Deutsche Schule zu Porto). Case Studies on **Transport Policy**, v. 7, n. 1, p. 97-104, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213624X17303292>. Acesso em: 24 set. 2025.

THAOMUEN, A. et al. Examine Riding Speed In School Zone Toward Traffic Safety Management Using License Plate Matching Technic. 2023 **International Conference on Cyber Management and Engineering (CyMaEn)**, 2023. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85149932670&doi=10.1109%2fCyMaEn57228.2023.10051052&partnerID=40&md5=45a5c47e5278517066b445f42d1d9f6c>. Acesso em: 24 set. 2025.

WALI, Behram; KHATTAK, Asad J. Harnessing ambient sensing & naturalistic driving systems to understand links between driving volatility and crash propensity in school zones – A generalized hierarchical mixed logit framework. Transportation Research Part C: **Emerging Technologies**, v. 110, p. 217-229, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X19306898>. Acesso em: 24 set. 2025.

ZAVAREH, M. F.; MEHDIZADEH, M.; NORDFJÆRN, T. If I know when you will arrive, I will let you walk to school: The role of information technology. **Journal of Safety Research**, v. 72, p. 211-221, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022437519306747>. Acesso em: 24 set. 2025.

ZHANG, Kaihan; TAMAKLOE, Reuben; CAO, Mengqiu; KIM, Inhi. Exploring fatal/severe pedestrian injury crash frequency at school zone crash hotspots: using interpretable machine learning to assess the micro-level street environment. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, [S. l.], 2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692324002436/pdfft?md5=4171ffd13b1892e5a3bfa8e4a5c0ccbf&pid=1-s2.0-S0966692324002436-main.pdf. Acesso em: 24 set. 2025.

ARTICLE 4

A SYSTEMATIC REVIEW OF ROAD SAFETY IN SCHOOL ZONES

Wesley de Carvalho, Eduardo Lobo, Arnoldo Neto e Ana Maria Franzoni
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

ARTICLE 4

RESUMO

A segurança viária em áreas escolares tem se consolidado como uma preocupação no campo da mobilidade urbana, dada a vulnerabilidade específica de crianças e adolescentes frente aos riscos do trânsito. Sinistros envolvendo usuários em idade escolar revelam um cenário alarmante, reforçando a necessidade de intervenções direcionadas que assegurem deslocamentos seguros e estimulem práticas de mobilidade ativa. A presente pesquisa desenvolve uma revisão sistemática da literatura internacional com o objetivo de identificar, organizar e analisar evidências científicas sobre fatores de risco, intervenções e comportamentos associados à segurança viária no entorno de escolas. O método utilizado segue diretrizes estruturadas, com base na estratégia PICO, visando garantir rigor, reprodutibilidade e foco temático. Após a aplicação de filtros de relevância, idioma e impacto acadêmico, foram selecionados 30 artigos para análise final. Os resultados foram organizados em três categorias: (i) fatores influenciadores e condições para o transporte ativo escolar; (ii) segurança viária em zonas escolares; e (iii) aspectos contextuais e comportamento de condução. A predominância de estudos voltados ao transporte ativo evidencia o crescente interesse por soluções sustentáveis, embora a segurança viária específica em zonas escolares ainda careça de aprofundamento. Os achados reforçam a necessidade de políticas públicas mais integradas, que considerem tanto a infraestrutura física quanto os comportamentos no trânsito. A revisão sistemática aqui apresentada busca contribuir com o debate técnico e científico, oferecendo subsídios para o planejamento de intervenções mais eficazes em contextos escolares urbanos.

Palavras-chave: segurança viária, rotas seguras, área escolar.

ABSTRACT

Road safety in school areas has emerged as a key concern in urban mobility, given the specific vulnerability of children and adolescents to traffic risks. Crashes involving school-aged users reveal an alarming scenario, highlighting the need for targeted interventions that ensure safe travel and encourage active mobility practices. This study presents a systematic literature review with the aim of identifying, organizing, and analyzing scientific evidence on risk factors, interventions, and behaviors associated with road safety in school environments. The methodology followed structured guidelines based on the PICO strategy to ensure rigor, reproducibility, and thematic focus. After applying filters of relevance, language, and academic impact, 30 articles were selected for final analysis. The results were grouped into three categories: (i) influencing factors and conditions for active school transport; (ii) road safety in school zones; and (iii) contextual aspects and driving behavior. The predominance of studies addressing active transport highlights the growing interest in sustainable solutions, although specific research on school zone safety still requires further development. The findings emphasize the need for more integrated public policies that address both physical infrastructure and road user behavior. This review seeks to contribute to the technical and scientific debate, providing insights to support the planning of more effective interventions in urban school contexts.

Keywords: road safety; safe routes; school zone.

1. INTRODUCTION

Road safety is a recurring challenge on public health, urban mobility, and land planning agendas, particularly in school zones. High accident rates involving school-age children and adolescents spotlight the vulnerability of this group and the need for structured interventions. According to the World Health Organisation (WHO, 2018), traffic accidents are the leading cause of death among young people between 5 and 29 years old, reflecting the severity of this problem and the urgent need for effective public policies. International initiatives, such as the First and Second Decades of Action for Road Safety promoted by the United Nations (UN), demonstrate global efforts to reduce deaths and injuries, while highlighting the need to protect the most vulnerable users, especially in densely populated urban contexts. Concern with road safety is also expressed in the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly Goals 3.6 and 11.2, respectively addressing reductions in traffic deaths and safe access to urban mobility (UN, 2015).

In this global panorama, school zones emerge as areas for critical attention. Due to their cognitive, perceptive and motor limitations, children and adolescents are more exposed to road risks, especially when entering and leaving schools (Ellison et al., 2013). And such times, their vulnerability is exacerbated by factors such as the absence of safe infrastructure, excessive vehicle speed, and weak enforcement. This results in environments where road insecurity rises to particularly alarming levels.

The literature shows that school environments cluster significant numbers of accidents involving young pedestrians. The absence of specific interventions undermines the physical safety of students, while also weakening encouragement for more sustainable modes of transport, such as walking or cycling (Ikeda et al., 2020; Heydari et al., 2020). The lack of safety in these zones not only reflects neglect of urban space, it also raises a direct threat to the fundamental right to safe mobility.

In Brazil, these guidelines were established through its National Plan for the Reduction of Traffic Deaths and Injuries (PNATRANS), introduced by Law Nº 13,614/2018, setting specific reduction goals for road mortality rates. Despite institutional efforts, national and regional data show that road traffic accident rates remain high. According to Brazil's National Traffic Accidents and Statistics Registry (RENAEST) (Brazil, 2025), more than 619,000 road traffic accidents were registered in 2023, with around 9,744 deaths.

In this context, it is vital to understand how specific methodologies can help structure diagnoses and interventions focused on Road Safety in School Zones. Several studies indicate that most accidents occur around educational institutions (Abdel-Aty et al., 2007), where risky behaviours and poor infrastructure are frequent (Bina et al., 2021; Nascimento, 2014).

Within this context, this systematic review strives to answer the following research question: What methodologies can be used to support Road Safety in School Zones?

Seeking answers, studies presenting interventions, diagnoses, and methodological strategies used to enhance school zone safety are analysed, focused on identifying good practices and pinpointing gaps.

This paper is divided into four main sections. Initially, the systematic review methodology is presented, with detailed descriptions of inclusion and exclusion criteria, which databases were consulted, and what analysis procedures were adopted. Next, data collection results are described, and then discussed in a categorised manner, addressing the identified methodologies, their goals, constraints, and contributions. Finally, the closing remarks summarise the main evidence obtained, and offer recommendations for future research and practical application in the school zone road safety field.

2. METHODOLOGY

The methodology used in this systematic review follows structured guidelines, thus ensuring consistency, transparency, and replicability for study identification and analysis. According to Donato and Donato (2019), clear wording of the research question is the first key step, demarcating a scope that encompasses a sufficient number of relevant studies, without over-expanding the search field.

As recommended by Galvão and Pereira (2014) and Pereira (2018), the Patient/Population, Intervention, Comparison and Outcome (PICO)) strategy was used to guide the construction of the research question and define the inclusion and exclusion criteria, This approach allows the precise demarcation of the issue under analysis, with tighter study selection control.

In this review, the Population component refers to groups exposed to road environments in school zones, such as school-age children and other users affected by accidents around schools (Pereira, 2018). Intervention encompasses steps targeting road safety, such as signage, speed limits, and awareness heightening programmes (Galvão & Pereira, 2014). Comparison was considered whenever possible, especially when weighing different solutions or the lack of effective steps. The Outcome included measurable results, such as fewer road traffic accidents and user safety perceptions (Pereira, 2018). Use of the PICO strategy steered the definition of the key question:

What methodologies can be used to support Road Safety in School Zones?

This definition steered all the subsequent stages of this research project. Databases were accessed through a virtual private network (VPN) at Santa Catarina Federal University (UFSC), allowing logins to scientific repositories with wide coverage, such as Scopus, Science Direct, and EBSCOhost.

The search stage required successively testing algorithms with different combinations of keywords, in order to identify the most efficient terminology. Initially, expressions such as Road safety AND School zone, Urban road safety AND School zone and Urban road safety AND Elementary school zone were used. The terms were then expanded by

Boolean connectives (OR), resulting in expressions such as: (Road safety OR Safe Routes OR Traffic safety OR Traffic injuries) AND (School zone).

Keyword definitions complied with criteria ensuring an even balance between specificity and comprehensiveness, aiming to list studies related directly to the topic, without excluding pertinent publications. Reflecting this methodological choice, the final keywords were maintained throughout the search process.

The filtering criteria included papers written in Portuguese, English, and Spanish, published between 2019 and 2024. Papers were then selected in three stages:

- Reading titles;
- Reading abstracts;
- Checking keywords.

Subsequently, paper citations were assessed, prioritising those with wider academic repercussions. Finally, the selected texts were read in full, ensuring their theoretical and methodological relevance.

Designed to ensure the integrity and validity of the review process, this methodological approach was aligned with the guidelines proposed by Galvão and Pereira (2014) and Pereira (2018), offering a consistent basis for analysing studies focused on Road Safety in School Zones. With the integrity and validity of the data collection assured, the next section presents the research findings, with a detailed description of the data collection process.

3. RESULTS: DATA COLLECTION AND STUDY SELECTION

As described in the Methodology section, the data collection stage of the systematic review began by keying pre-defined search phrases, into the selected databases: Scopus, EBSCOhost and ScienceDirect. The choice of these databases was prompted by their academic relevance and topic coverage. The search terms complied with the criteria established by the PICO strategy, attempting to maximise the identification of studies related to Road Safety in School Zones.

The initial search results were organised by database and by year of publication, as shown in Chart 1. In total, 307 papers were identified, predominantly from the ScienceDirect database, especially in 2021 and 2024.

Table 1: Results by Database

Year	Scopus	EBSCOhost	ScienceDirect
2019	10	1	32
2020	8	1	34
2021	4	1	53
2022	3	1	34
2023	10	0	45
2024	11	4	55
Total	**46**	**8**	**253**

Once the collection stage was completed, the studies ran through a triple screening process: reading the titles, analysing the abstracts, and checking the keywords. This screening process was designed to identify papers potentially relevant to the research question. Fine-tuning the selection criteria, the number of citations in each paper was also considered, prioritising those with the greatest academic impacts.

Presented in Chart 2, the screening results reflect a reduction in the number of papers listed, totalling 71 studies.

Table 2: Post-Screening Results by Database

Year	Scopus	EBSCOhost	ScienceDirect
2019	8	1	6
2020	6	0	10
2021	3	0	5
2022	2	1	5
2023	4	0	7
2024	7	4	2
Total	**30**	**6**	**35**

The selected papers were then organised and keyed into an electronic spreadsheet for control and checking. A cross-analysis of the entries identified and removed duplications between the databases, resulting in a total of 56 individual papers. Next, titles were excluded when inaccessible, even through a VPN network at Santa Catarina Federal University (UFSC), bringing the total down to 40 papers.

The last stage consisted of reading these shortlisted texts in full, checking their methodological complaints with the pre-defined criteria. During this phase, the PICO approach was used as a reference for excluding ten papers not compatible with the purposes of the review. A final set of thirty studies was thus established, forming the basis of this analysis.

The application of systematic criteria at all stages — from initial collection through to final selection — ensured the consistency and relevance of these materials, aligned with the recommendations of Galvão and Pereira (2014) and Pereira (2018). This methodological approach buttresses the validity of the findings, while also expanding the usefulness of the evidence obtained for discussing Road Safety in School Zones.

The systematic review guided by the PICO framework helped identify recurrent patterns in the studies. With regard to investigated populations, most (22) of the papers focused on school-age children, emphasising the vulnerability of this group. Three studies addressed extended school communities, including parents, administrators, and teachers; four examined drivers or motorcyclists in school zones; and only um paper included a mixed population.

Looking at Interventions, twelve papers examined infrastructure and built environments as determining factors, while seven focused on specific policies, laws and programmes. Technologies and innovations were present in four studies; five analysed behavioural and perceptual aspects; and two focused on participatory planning approaches.

For comparisons, eleven studies explored differences between areas or schools with different environmental conditions. Another nine performed pre- and post-intervention analyses; five compared specific groups or perceptions; and five conducted exploratory investigations, but without defined reference groups.

Finally, with regard to Outcomes, seventeen papers prioritised steps related to road safety, especially accidents, injuries, and hotspots. Seven explored active transport use; four analysed commuting perceptions and intentions; and two discussed behavioural changes or sustainable mobility strategies. With the integrity and validity of the data collection assured, the next section presents an analysis of the research findings, with detailed descriptions of what each selected author strove to express in their respective papers.

3. ANALYSIS OF THE FINDINGS

For an easier understanding of the topics covered and relationships among different road safety aspects, the analysed papers are organised into three main categories:

- **Factors and Conditions Influencing Active School Transport (AST):**

This category encompasses studies exploring how urban infrastructure, distance, and perceived safety influence active school transport. It includes street quality analyses, safety perceptions;

and technological impacts on AST promotion.

• **Road Safety in School Zones:**

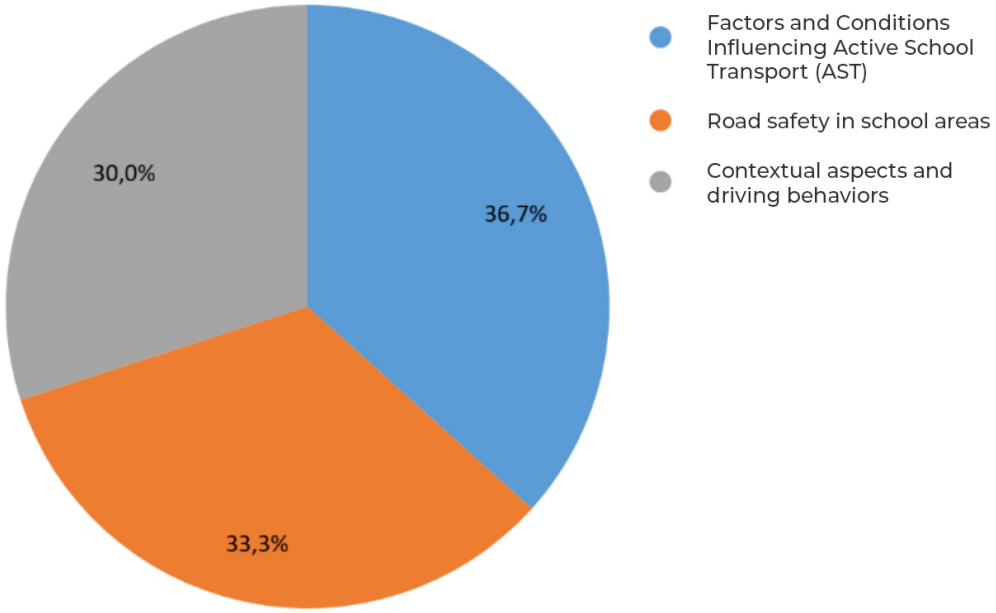
Papers in this category focus on policies and legislation related to road safety, together with driver and pedestrian behaviours, and operational steps and interventions designed to upgrade school zone safety. Oversight policies, driver responses, and risk mitigation steps are core issues.

• **Contextual Aspects and Driving Behaviours:**

This section explores the interplay between infrastructures and driver behaviours, including walkability and risk perceptions. A discussion of infrastructure influences on driving practices and driver behaviours in school zones leads to a better understanding of the impacts of these variables on road safety.

Each of these categories offers valuable insights into challenges and solutions related to school safety and active transport, providing a solid foundation for drawing up effective policies and strategies. The integrated analysis of these papers contributes to a deeper and more comprehensive understanding of factors shaping school zone safety. Figure 1 shows the distribution of the selected thirty papers, classified into three categories.

Figure 1: Systematic Review Findings by Category



Fonte: Autor (2025)

The analysis of the selected papers revealed that the Factors and Conditions Influencing Active School Transport (ATS) category encompasses 36.7% of the studies, while the Road Safety in School Zones category represents 33.3% of the total. Contextual Aspects and Driving Behaviours are addressed by 30% of the analysed studies. This distribution shows that, although active mobility is investigated, discussions focused on Road Safety in School Zones should be expanded. Next, the main findings of each paper are presented, focusing on their methodologies and findings in each category.

3.1 Factors and Conditions Influencing Active School Transport

Active School Transport (ATS) has been explored by studies in a variety of geographical contexts, examining factors related to built environments, safety perceptions, school policies, and family decisions. Although each study adopted specific methodologies, they converge on the influence of urban and social conditions for defining transport options open to children and adolescents.

In a study conducted in The Netherlands, Macedo et al. (2023) investigated the relationship between built environments and AST adoption, highlighting the importance of distances between homes and schools, weather conditions, and the traffic safety perceptions. Factors such as population density and nearby main roads were also relevant, although the study mentioned limitations related to the absence of data on routes actually travelled. Similarly, when analysing the Can Tho situation in Vietnam, An Minh Ngoc et al. (2023) noted that poor infrastructure makes adolescents more vulnerable and influences behavioural changes after accidents, with cycling preferred over walking. In both cases, it is clear that urban environment quality plays a decisive role in transport selection.

The influence of traffic conditions on AST was explored by Ling et al. (2021), finding a negative correlation between vehicle speed and active school transport use in Toronto. However, these findings were not replicated in Calgary. The difference was attributed to the particular characteristics of local infrastructure and speed control policies, stressing that traffic impacts must be analysed jointly with other urban elements. Moreover, when investigating walkability in Seattle, Lee et al. (2020) confirmed distance as the main AST factor, while stressing that the relationship between walkability and active transport rates is fragile, indicating the need to include social and environmental variables in these analyses.

Studies in New Zealand underscore the relevance of safety perceptions and institutional practices. Ikeda et al. (2020) confirmed that walkability and built environment quality added to traffic risk perceptions, strongly influencing travel choices. In turn, Sandretto et al. (2020) emphasised structural hurdles (such as topography and climate) and institutional barriers, (like the absence of specific school policies), stressing the complexity of promoting AST in challenging contexts. Both studies reveal that, institutional and family factors play decisive roles, in addition to physical infrastructure.

Recent research also extends these analyses to participatory and planning aspects. In South Korea, Jung and Kim (2024) engaged children in participatory road safety planning, showing that their perceptions can support solutions for safer school routes. In Semarang, Indonesia, Sholahudin et al. (2024) evaluated the Safe Route to School (SR2S) initiative, identifying risks associated with heavy traffic and proposing interventions such

as crosswalks, widened sidewalks, and specific pick-up and drop-off zones. Both studies converge on the need to include school communities policy formulation and implementation processes.

In different contexts, AST adoption is also related to technological, social, economic and institutional factors. In Iran, Zavareh et al. (2020) noted that the use of monitoring apps increases parents' acceptance of active school transport, although safety perceptions remain central to their decisions. In sub-Saharan Africa, Poku-Boansi, Amoako, and Atuah (2019) highlighted risks arising from rapid urban growth, with poor infrastructure, and limited parental supervision, suggesting the need for urban policies focused more on child safety. In Portugal, Teixeira et al. (2019) analysed sustainable mobility experiences, such as organised carpooling and school routes, with positive findings, despite limitations imposed by limited resources and weak institutional support.

In brief, studies indicate that Active School Transport is dependent on a multifaceted set of factors, which include built environments, traffic conditions, safety perceptions, school practices, and family decisions. There is a consensus that integrated policies are essential for expanding AST adoption, with the inclusion of school communities and backed by institutional support. However, challenges persist. Related mainly to generalised findings, geographical constraints, and cultural differences, they highlight the need for further research that considers a wider variety of contexts and complementary methodologies.

3.2 Road Safety in School Zones

Road Safety in School Zones is a core issue in the urban mobility field, due to the vulnerability of children in traffic and protection requirements at locations with heavy student flows. Recent literature shows that risk mitigation in these areas may be approached from different standpoints that include legal regulations, safe mobility promotion programmes, environmental characteristics, and the use of emerging technologies. The diversity of methodologies and contexts analysed reveals both the complexity of the problem and the challenges of developing effective solutions.

Conducted in South Korea, a study by Eun (2023) examined the effects of stricter regulations for road traffic accidents involving children, with penalties and the installation of oversight equipment. The Interrupted Time Series (ITS) analysis indicated a drop in fatalities and serious injuries, although no decrease in the total number of road traffic accidents was noted. The author attributed this finding to low driver compliance, with weak oversight and lax enforcement, highlighting limitations related to underreporting and a lack of detailed data. In a supplementary manner, Ku et al. (2024) assessed the promulgation of Korea's Scaled Punishment for Specific Crimes Act, imposing tougher penalties on drivers for accidents in school zones. Although the findings showed a significant drop in serious injuries and overall risks for children, the authors emphasised the need for additional oversight and education measures, particularly for dealing with possible external effects, such as the COVID-19 pandemic.

In another context, Dang et al. (2024) analysed the 30 km/h speed limit established for school zones in Vietnam. Despite a statistical reduction in average speeds, driver's continued to break this speed limit, indicating the limited effectiveness of this constraint as a standalone measure. This research project also showed that road environment characteristics, such as street width, directly

influence driver behaviours, suggesting the need for complementary traffic slowing strategies. This finding dialogues with the investigation by Rahman et al. (2019), using micro-simulation to assess countermeasures in school zones. The findings showed that interventions related to speed reduction and road access had positive impacts on conflict mitigation, while more complex structural measures did not always produce the expected effects, thus underscoring the importance of tailoring solutions to local conditions.

The relationship between institutional programmes and road safety was examined by Kang, Wang, and Baek (2020), who assessed the effectiveness of the Safe Routes to School (SRTS) Initiative in New York State. Although this movement encourages active mobility, no significant impacts were noted in terms of fewer road traffic accidents, suggesting that infrastructure investments and incentive campaigns must be accompanied by strategies with a tighter focus on protecting vulnerable users. Similarly, a cross-sectional study in Pakistan authored by Ali et al. (2023) identified recurrent risk behaviours around schools, including inappropriate crosswalk use and poor sidewalk maintenance. Their findings indicated that risks soar in poor infrastructure contexts, requiring integrated interventions that blend physical improvements with oversight activities.

Another set of studies strove to understand the influence of environmental and spatial factors on accident rates. In Montreal, Heydari et al. (2020) found that school proximity is related to higher injury rates at signposted intersections, especially when associated with turning manoeuvres and heavy pedestrian flows. In turn, Chun, Lim, and Kim (2024) analysed spatial patterns in Seoul, classifying school zones and their surroundings by hotspots, allowing them to propose interventions customised to risk types. Also in Korea, Kwon and Cho (2020) investigated risk perceptions among students, concluding that factors such as road width and pedestrian density negatively influence feelings of safety. This indicates that physical and visual variables shape children's daily commuting experiences.

Innovative perspectives were explored by Jevremović et al. (2019) in Belgrade, proposing the integration of Human Engineering principles with Internet of Things (IoT) technologies for real-time school zone monitoring and response actions. The authors argued that the combination of low-cost solutions and technological resources could boost intervention effectiveness, despite the absence of specific regulations hampering practical applications.

In brief, the analysed studies show that Road Safety in School Zones requires multifaceted approaches. Stricter regulations and institutional programmes have positive effects, but are limited when deployed alone. Environmental and spatial factors play key roles in defining risk, while emerging technologies are opening up new intervention possibilities. In common, this research project stresses that the effectiveness of any of these steps requires integration among public policies, with ongoing oversight, traffic education, and interventions tailored to local characteristics.

3.3 Contextual Aspects and Driving Behaviours

The reviewed studies examine Road Safety in School Zones and areas with high pedestrian flows from different standpoints, integrating analyses on driver behaviours, urban infrastructures with social and economic factors that influence accident rates and severity.

In Thailand, Thaomuen et al. (2023) specifically examined motorcyclist behaviours, with a focus on delivery drivers in school zones. Although clocking slightly higher average speeds than others, the difference was not statistically significant. This research project highlighted consistent helmet use and general respect for speed limits, suggesting that these drivers did not pose substantially higher risks. However, the study mentioned methodological constraints on manual data collection, recommending the use of more accurate technologies in future research.

In a complementary manner, the research project conducted in Malaysia by Abdul Hanan's (2019) investigated motorcyclist compliance with speed limits in school zones, based on the Theory of Planned Behaviour (TPB). This study showed that favourable attitudes towards obeying the rules, perceived social norms, and behavioural intentions positively influence compliance with speed limits among motorcyclists. However, poor visibility in school zones was identified as a factor that weakens compliance, suggesting that more visible signage and control devices could enhance safety at these locations.

While these studies emphasise aspects of individual driver behaviours, other research projects have broadened their scope, assessing factors that exacerbate accident severity. In Ghana, Adanu et al. (2023) identified speeding and distraction as critical variables associated with serious and fatal injuries among child pedestrians. This analysis also showed that larger vehicles are involved in more severe collisions, with lethality increased by the absence of adequate infrastructure, such as crosswalks. The authors highlighted constraints related to the police report quality and the shortage of accurate road geometry data.

In South Korea, Kim, Jang, and Choi (2022) linked social, economic and land use factors to the road traffic accidents in Busan. This survey showed that the child population is the main risk exposure indicator, with greater vulnerability in low-income areas, due largely to precarious infrastructure. Interestingly enough, densely populated areas presented lower risks, due possibly to the slower traffic speeds. These findings suggest that social economic contexts and urban configurations all play decisive roles in road safety.

Still in the Korean context, Zhang et al. (2024) deepened the analysis by assessing the micro-characteristics of urban school zone environments in Seoul. By applying spatial and temporal data mining and machine learning to Street View images, the authors demonstrated that factors such as poor road connectivity and visibility issues are associated with higher accident rates, while the presence of vegetation had a protective effect. This study underscored the importance of considering urban design in detail, when drawing up preventive measures.

A similar standpoint was explored by Briz-Redón et al. (2019) in Valencia, Spain, where a spatial analysis of road traffic accidents disclosed higher accident rates around schools, especially in the afternoons. Elements such as bus stops and complex intersections were associated with higher risks, indicating that localised infrastructure adjustments could be decisive for reducing accidents.

Other studies highlighted the impacts of traffic conditions and walkability. Rothman et al. (2023) analysed relationships between walk scores and child pedestrian safety in Canadian cities,. Contrary to expectations, more walkable areas had higher collision rates, especially in Montreal. The authors attributed this finding to the increased exposure of children in environments with heavier traffic. They thus argue that

walkability should be analysed with traffic volumed and road designs.

A dynamic driving behaviour analysis for the USA was presented by Wali and Khattak (2020), who studied the volatility of driving in school zones based on naturalistic data from the Second Strategic Highway Research Program (SHRP2). Despite lower average speeds at these locations, greater steering instability was observed, measured by acceleration variability and associated with higher accident risks. This finding shows that safety is also dependent on driving stability, rather than just speed reduction.

Similarly, Bina et al. (2021) observed urban environments during school let-out times, identifying the following risk factors: traffic jams, jaywalking by not using street crossings, and breaking speed limits. The authors suggested that engineering approaches, such as 30 km/h speed limits, are effective only when accompanied by oversight and educational actions, highlighting the importance of combining structural and behavioural strategies.

In brief, the reviewed studies show that Road Safety in School Zones results from interactions between driving behaviours and the contexts in which they occur. Influenced by individual and social factors, respect for (or flouting) the rules of the road ranks as a key risk reduction element. In parallel, contextual conditions – such as urban design, crossing infrastructure, and population density, together with social and economic characteristics – shape opportunities and constraints for safe traffic flows. The convergence of these findings indicates that effective interventions must consider behavioural and structural aspects simultaneously, integrating education campaigns, oversight activities, and engineering strategies that will mitigate accident severity and ensure safer school environments.

4. CLOSING REMARKS

The closing remarks for this systematic review of the literature indicate that the research question was answered through an analysis of the selected studies. The use of the PICO strategy and the adoption of methodological criteria allowed the identification of relevant approaches to road safety in school environments. Organising these findings into theme-specific categories helped structure the analysis, while highlighting different dimensions of this issue, thus leading to a better understanding of how urban, behavioural, institutional and technological factors can be woven together, ensuring safer daily commutes for school children.

It was also noted that promoting Active School Transport (ATS) depends on a set of elements. They include route length, infrastructure quality, and safety perceptions, as indicated by Macedo et al. (2023) and Lee et al. (2020). These findings spotlight the need to upgrade built environments that will foster safer and more sustainable commutes. In addition to physical aspects, social and institutional factors also proved relevant: studies such as Sandretto et al. (2020) and Teixeira et al. (2019) highlighted that children's safety involves family decisions and school practices, stressing the importance of coordinated actions that encompass communities, schools, and government authorities.

Despite encouragement for ATS, studies disclose persistent road safety challenges. Regulatory interventions may have limited effects, as demonstrated by Eun (2023). While consolidated programmes like Safe Routes to School boost active mobility, they do not necessarily lessen collisions, as suggested by Kang, Wang, and Baek (2020). This mismatch between investments and results highlights the complexity of this issue, which involves interactions among physical environments, human behaviours, and government policy scopes. As discussed by Heydari et al. (2020), elements such as road geometries, pedestrian volumes, and spatial characteristics highlight the need to understand road safety from the standpoint of the most vulnerable users, in addition to risk perceptions among children (Kwon & Cho, 2020),

This review also mentions that driving behaviours strongly influence road risks in school zones. Studies such as those by Thaomuen et al. (2023) and Abdul Hanan (2019) highlight the role of visibility, signage, and driver discipline, while Adanu et al. (2023) stress the relevance of speeding and distraction in injury severity. Furthermore, driving volatility – even at reduced speeds – ratchets up risks in these areas, as demonstrated by Wali and Khattak (2020), indicating the need for strategies that promote more stable and predictable driver behaviours.

Prompted by the diversity of approaches found in the literature and drawn up as a synthesis of the analysed papers, Table 3 gathers together the main guidelines and recommendations that were identified, organised into theme-specific categories. This Table also presents examples of applications and the corresponding references, for easier visualisation of how these strategies have been adopted in different contexts.

Table 3: Guidelines and Recommendations

Theme-Specific Categories	Guidelines & Recommendations in the Literature	Deployment Examples
Urban Infrastructures and Built Environments	Adapt urban infrastructure to encourage Active School Transport (ATS)	Importance of distance, road quality, and sa perceptions for the adoption of AST (Macedo *et al.*, 2023 – Netherlands). Walkability related to transport choices, although with limited influence (Lee *et al.*, 2(– Seattle).
	Improve traffic conditions and reduce vulnerability in areas with poor infrastructure	Poor infrastructure alters behaviours anc increases vulnerability among adolescent (Ngoc *et al.*, 2023 – Vietnam). Physical and institutional barriers affect fan choices (Sandretto *et al.*, 2020 – New Zealand).
	Implement physical interventions along school routes, based on identified risks	Recommendations for crosswalks, widene sidewalks and boarding zones (Sholahudin *et al.*, 2024 – Indonesia).
	Tailor interventions to spatial configurations and local characteristics	Road width and presence of risk-associate turns (Heydari *et al.*, 2020 – Montreal). Spa classification of school zones by risk typolog (Chun, Lim & Kim, 2024 – Seoul).
	Incorporate spatial analyses and urban environment characteristics	High visibility, low connectivity, and absenc vegetation associated with risk (Zhang *et al.*, 2024 – Korea). Identification of critical areas near schools the afternoon (Briz-Redón *et al.*, 2019 – Spain).
	Consider risk perceptions and visual/environmental factors in school environments	Student perceptions influenced by road wic and pedestrian density (Kwon & Cho, 2020 – South Korea).
Vehicle Dynamics, Speed and Traffic Behaviour	Consider vehicle speeds and flows when formulating AST promotion strategies	Higher speeds reduce the likelihood of acti commuting (Ling *et al.*, 2021 – Toronto).
	Establish speed limits in school zones with complementary strategies	30 km/h limit reduces average speed, bu speeds remain above the limit without furth measures (Dang *et al.*, 2024 – Vietnam).
	Reduce driving volatility and risky behaviours in school zones	Steering instability increases risk even al reduced speeds (Wali & Khattak, 2020 – USA). Excessive sp and distraction increase the severity of injur (Adanu *et al.*, 2023 – Ghana).
	Improve signage and visibility in school zones for better compliance	Low visibility reduces adherence to speed li (Abdul Hanan, 2019 – Malaysia).
Social and Institutional Factors, and Community Participation	Integrate social, environmental, and institutional variables into school route analyses	Joint influence of built environments, risk perceptions, and family decisions (Ikeda *et al.*, 2020 – New Zealand). Institutic and community participation (Jung & Kim, 2024 – South Korea).
	Promote participatory planning involving children and school communities	Engaging children in road safety planning i school routes (Jung & Kim, 2024 – South Korea).

Theme-Specific Categories	Guidelines & Recommendations in the Literature	Deployment Examples
	Promote participatory planning involving children and school communities	Engaging children in road safety planning for school routes (Jung & Kim, 2024 – South Korea).
	Assess the effectiveness of institutional programmes jointly with other strategies	Safe Routes to School increases active mobility, but does not reduce road traffic accidents (Kang, Wang & Baek, 2020 – New York).
Technology, Monitoring and Innovative Solutions	Consider assistive and monitoring technologies as complementary strategies	Use of apps that increase acceptance of AST by parents (Zavareh *et al.*, 2020 – Iran). IoT applications for dynamic monitoring (Jevremović *et al.*, 2019 – Serbia).
Integrated Road Safety Policies and Strategies	Enforce strict regulatory policies for child protection in traffic	Reduction in fatalities after stricter regulations (Eun, 2023 – South Korea). Aggravated punishment law reduces serious injuries (Ku *et al.*, 2024 – South Korea).
	Integrate education, enforcement, and engineering strategies to mitigate risk	Combining speed limits with enforcement and educational campaigns increases compliance (Bina *et al.*, 2021 – USA).
	Carry out integrated interventions in low-infrastructure contexts	Need to combine enforcement and structural improvements (Ali *et al.*, 2023 – Pakistan).

In brief, the review shows that Road Safety in School Zones is a multifaceted challenge that involves infrastructures, driver and pedestrian behaviours, social factors, and integrated policies. The literature focuses strongly on promoting Active School Transport, while the number of studies assessing intervention effectiveness for reducing accidents remains limited. There is thus room for future research with in-depth analyses of practical measures and their impacts over time, incorporating local empirical data and indicators that are more sensitive to school realities. Research integrating the perceptions of students, families, and education professionals could contribute to more effective policies, designed to promote truly safe school environments.

REFERENCES

Abdel-Aty, M.; S. S. Chundi e C. Lee. Geo-spatial and log-linear analysis of pedestrian and bicyclist crashes involving school-aged children. **Journal of Safety Research**, v. 38, n. 5, p. 571-579. 2007.

ADANU, Emmanuel Kofi; DZINYELA, Richard; AGYEMANG, William. A comprehensive study of child pedestrian crash outcomes in Ghana. **Accident Analysis & Prevention**, v. 184, 2023. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457523001938>. Accessed on: September 24,2025.

ALI, Asrar et al. Road safety hazards for children while commuting to school: Findings from a pilot study in Karachi, Pakistan. **Safety Science**, v. 158, 2023. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020138322008543>. Accessed on: September 24,2025.

BINA, Manuela et al. Analysis of traffic upon school departure: Environment, behaviour, well-being and risk factors for road crashes. **ScienceDirect**, 2021. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140521001493>. Accessed on: September 24,2025.

BRASIL. RENAEST. 2025. Available at: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/docs/renaest. Accessed on: September 24,2025.

BRIZ-REDÓN, Á.; MARTÍNEZ-RUIZ, F.; MONTES, F. Estimating the occurrence of traffic accidents near school locations: A case study from Valencia (Spain) including several approaches. **Accident Analysis & Prevention**, v. 132, p. 105-120, 2019. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071400452&doi=10.1016%2fj.aap.2019.07.013&partnerID=40&md5=f336eee25a875daab0a3f266609fef62>. Accessed on: September 24,2025.

CHUN, Uibeom; LIM, Joonbeom; KIM, Hyungkyu. **Analysis of hotspots in and outside school zones: a case study of Seoul**. [S. l.: s. n.], 2024. Available at: https://www.scopus.com/pages/publications/85188754333?origin=resultslist. Accessed on: September 24,2025.

DANG, Minh Tan; VU, Quang Huy; KIEU, Le Minh; NGUYEN, Hoang Tung. **Modeling speed behavior of vehicles in school zones under the impact of motorcycle-dominated societies**. [S. l.: s. n.], 2024. Available at: https://www.scopus.com/pages/publications/85201380251?origin=resultslist. Accessed on: September 24,2025.

DONATO, H.; DONATO, M. P. Revisão sistemática da literatura: uma revisão narrativa. **Brazilian Journal of Anesthesiology**, v. 69, n. 3, p. 299-306, 2019.

Ellison, A.B., Greaves, S., Daniels, R., 2013. Capturing speeding behaviour in school zones using GPS technology. **Road & Transp**. Res.: J. Australian New Zealand Res. Practice 22 (4), 30.

EUN, S. J. Effects of tougher school zone laws on road traffic safety in school zones for children in South Korea. **Journal of Transport & Health**, v. 30, p. 101687, 2023. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85169024430&doi=10.1016%2fj.jth.2023.101687&partnerID=40&md5=2ef49d3780ebcaddc095df47fade35a1>. Accessed on: September 24,2025.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, n. 1, p. 183-184, 2014.

HEYDARI, S.; MIRANDA-MORENO, L.; HICKFORD, A. J. On the causal effect of proximity to school on pedestrian safety at signalized intersections: A heterogeneous endogenous econometric model. **Journal of Advanced Transportation**, v. 113, p. 56-69, 2020. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85079092845&doi=10.1016%2fj.amar.2020.100115&partnerID=40&md5=a3950265ef3d8a3888396f7d6158bcd8>. Accessed on: September 24,2025.

IKEDA, Erika et al. Keeping kids safe for active travel to school: A mixed method examination of school policies and practices and children's school travel behaviour. **ScienceDirect**, 2020. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214367X20301782>. Accessed on: September 24,2025.

JEVREMOVIĆ, Sreten; SAVIĆ, Dragan; JANJIĆ, Predrag. Human engineering in school zones. **Sustainable Cities and Society**, v. 47, 2019. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146519303631>. Accessed on: September 24,2025.

JUNG, Bo-Kyung; KIM, Donghyun. **Children as key actors in participatory planning: co-working experience of community planning for walking safety around Bongrae Elementary School in South Korea**. [S. l.: s. n.], 2024. Available at: https://www.scopus.com/pages/publications/85196282303?origin=resultslist. Accessed on: September 24,2025.

KANG, Bumjoon; WANG, Chihuangji; BAEK, So-Ra. No association between Safe Routes to School programs and school-age pedestrian or bicyclist collisions in New York State. **ScienceDirect**, 2020. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140520300700>. Accessed on: September 24,2025.

KIM, Hyunsoo; JANG, Jinhyeok; CHOI, Yeol. Spatial analysis of collision risk of child pedestrians – A case of urban elementary school districts in Busan, Korea. **Journal of Transport Geography**, v. 100, 2022. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214367X22000667>. Accessed on: September 24,2025.

KU, Hong Jin; KIM, Jin-Hwan; CHOE, Young June; CHOE, Seung Ah; ZONFRILLO, Mark R. **Assessing the impact and implications of the revised Act on the Aggravated Punishment of Specific Crimes in preventing child traffic injuries in school zones in Korea: an interrupted time series analysis**. [S. l.: s. n.], 2024. Available at: https://www.scopus.com/pages/publications/85191896977?origin=resultslist. Accessed on: September 24,2025.

KWON, Jae-Hong; CHO, Gi-Hyoug. An examination of the intersection environment associated with perceived crash risk among school-aged children: using street-level imagery and computer vision. **Accident Analysis & Prevention**, v. 142, 2020. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457519315398>. Accessed on: September 24,2025.